

ANOMALIAS E ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM TIJOLO À VISTA

NUNO MIGUEL DA SILVA RESENDE

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor Vitor Carlos Trindade Abrantes Almeida

Coorientador: Professora Doutora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira
e Sá

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

O êxito não precisa de explicações. O fracasso não permite desculpas.

Napolean Hill

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão deste trabalho, gostaria de agradecer a todas aquelas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a sua realização.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Vitor Carlos Trindade Abrantes Almeida, e à minha coorientadora, Professora Doutora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira e Sá, por todo o apoio, motivação e disponibilidade transmitidos durante toda a realização deste trabalho.

É também pertinente agradecer a todos os professores que fizeram parte do meu percurso académico, por todos os conhecimentos transmitidos.

Agradeço também a todos os meus amigos pelo apoio naqueles momentos mais difíceis, pelo incentivo e disponibilidade imediata sempre que assim eu necessitasse.

Por último, mas não menos importante, agradecer à minha família, nomeadamente aos meus pais, pela educação e valores a mim transmitidos, constituindo um exemplo a seguir e servindo constantemente de motivação.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

A presente dissertação de mestrado, realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, consiste numa pesquisa cuidada e detalhada sobre a utilização de tijolo com face à vista em fachadas. Em Portugal e com o passar da História, o tijolo evoluiu no sentido de se tornar um elemento de enchimento de alvenarias, sem funções estruturais e revestido. O tijolo passou a assumir um papel pouco relevante e cuja a execução não exige muita qualificação técnica. Pelo contrário e como se destina a ficar visível, o tijolo com face à vista requiere uma aplicação mais rigorosa. Embora em Portugal esta solução construtiva não seja abundantemente aplicada, traz várias vantagens relativamente às alvenarias tradicionais de tijolo furado, nomeadamente ao nível da durabilidade, da ausência de trabalhos de reboco e pintura, vantagens estéticas, entre outras.

As paredes exteriores constituem uma das principais fontes de patologias que se verificam nos edifícios, sendo que estas resultam de práticas construtivas desadequadas ou de uma deficiente conceção.

Este trabalho contém a maioria das recomendações relativamente à execução adequada de alvenarias de tijolo com face à vista, alertando para os erros mais frequentes, com o intuito de os reduzir e para que se perceba que esta solução construtiva está ao mesmo nível, e até acima em certos fatores, da solução tradicional em tijolo furado. De seguida, estão presentes as principais anomalias verificadas em alvenarias de tijolo com face à vista, as suas causas e as técnicas de reabilitação para cada caso, sendo este tema da reabilitação extremamente importante neste tipo de construções, pois destina-se a ficar visível.

PALAVRAS-CHAVE: anomalias, tijolo com face à vista, técnicas de reabilitação, paredes de alvenaria, tijolo maciço.

ABSTRACT

The present master's dissertation, realized within the scope of the Integrated Master in Civil Engineering of the Faculty of Engineering of the University of Porto, consists of a careful and detailed research on the use of brick with face to face on façades. In Portugal and with the passage of History, the brick evolved in the sense of becoming an element of masonry filling, without structural and coated functions. The brick has come to play a minor role and whose execution does not require much technical qualification. On the contrary and as it is intended to be visible, the facing brick requires a more rigorous application. Although in Portugal this constructive solution is not abundantly applied, it has several advantages over traditional brickwork masonry, namely in terms of durability, the absence of plastering and painting works, aesthetic advantages, among others.

The exterior walls are one of the main sources of pathologies that occur in buildings, and these are the result of inadequate building practices or poor design.

This work contains most of the recommendations regarding the proper execution of brick masonry with face to face, alerting to the most frequent errors, in order to reduce them and to realize that this constructive solution is at the same level, and even above In certain factors, of the traditional solution in bored brick. Next, there are the main anomalies observed in brick masonry facing the view, its causes and rehabilitation techniques for each case, this rehabilitation theme being extremely important in this type of construction, since it is intended to be visible.

KEYWORDS: anomalies, brick with face to face, rehabilitation techniques, masonry walls, massive brick.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	1
1.3. ESTRUTURA E CONTEÚDO DO TRABALHO	2
2. REABILITAÇÃO	3
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
2.1.1. CONCEITO E OBJETIVOS	3
2.1.2. TERMINOLOGIA ASSOCIADA	4
2.1.3. NÍVEIS DE REABILITAÇÃO	6
2.1.4. MOTIVAÇÕES E OBSTÁCULOS À REABILITAÇÃO	8
2.1.5. REABILITAÇÃO VS CONSTRUÇÃO NOVA	9
2.2. O SETOR DA REABILITAÇÃO	10
2.2.1. O SETOR DA REABILITAÇÃO EM PORTUGAL	10
2.2.1.1. Caracterização Morfológica e Construtiva do Parque Habitacional Português	11
2.2.1.2. Estado de Conservação do Parque Habitacional Português	13
2.2.1.3. Carências Habitacionais em Portugal	14
2.2.1.4. A Indústria da Construção e o Ramo da Reabilitação	16
2.2.2. PORTUGAL E A EUROPA	17
2.3. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	19
3. ALVENARIA DE TIJOLO COM FACE À VISTA	21
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	21
3.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	21
3.2.1. O SURGIMENTO DO TIJOLO	21
3.2.2. A DESCOBERTA DO TIJOLO CERÂMICO	23
3.2.3. O DECLÍNIO E O RENASCIMENTO DO TIJOLO COM FACE À VISTA	25

3.2.4. O SÉCULO XX	26
3.2.5. A EVOLUÇÃO DA ALVENARIA DE TIJOLO EM PORTUGAL	27
3.3. SITUAÇÃO ATUAL DO TIJOLO COM FACE À VISTA	30
3.3.1. No MUNDO.....	30
3.3.1.1. Reino Unido.....	30
3.3.1.2. Espanha.....	31
3.3.1.3. Outros países europeus	31
3.3.1.4. Estados Unidos da América	32
3.3.1.5. China	32
3.3.1.1. Brasil e Índia.....	34
3.3.2. EM PORTUGAL.....	35
3.3.2.1. Legislação Aplicável.....	36
3.3.2.2. Fatores condicionantes da aplicação do tijolo com face à vista em Portugal	37
3.3.2.3. Algumas obras importantes em tijolo com face à vista em Portugal.....	37

4. O TIJOLO COM FACE À VISTA ENQUANTO MATERIAL CONSTRUTIVO

	41
--	----

4.1. CARATERÍSTICAS GERAIS	41
4.2. MARCAÇÃO CE	43
4.2.1. TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS	44
4.2.2. MASSA VOLÚMICA	44
4.2.3. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	44
4.2.4. PROPRIEDADES TÉRMICAS.....	45
4.2.5. DURABILIDADE	45
4.2.6. ABSORÇÃO DE ÁGUA	45
4.2.7. TEOR DE SAIS SOLÚVEIS.....	45
4.2.8. ASPETO DOS TIJOLOS COM FACE À VISTA.....	46
4.2.9. EXPANSÃO COM A HUMIDADE	46
4.2.10. REAÇÃO AO FOGO.....	46
4.2.11. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA	46
4.2.12. ADERÊNCIA	46
4.2.13. CONCLUSÕES	46
4.3. TIPOS DE TIJOLO COM FACE À VISTA.....	48

4.4. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO DO TIJOLO COM FACE À VISTA	48
4.4.1. EXTRAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS.....	49
4.4.2. PRÉ-PREPARAÇÃO	50
4.4.3. PREPARAÇÃO	50
4.4.4. CONFORMAÇÃO	50
4.4.5. SECAGEM.....	51
4.4.6. COZEDURA	51
4.4.7. EMBALAGEM DOS TIJOLOS	52
4.5. VANTAGENS DO TIJOLO COM FACE À VISTA.....	52
 5. CONCEÇÃO DE PAREDES EM TIJOLO COM FACE À VISTA.....	55
5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	55
5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS PAREDES DE ALVENARIA DE TIJOLO SEGUNDO O EC6 E O EC8 ...	55
5.3. EXECUÇÃO DE FACHADAS CORRENTES	56
5.3.1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS ANTES DA APLICAÇÃO	57
5.3.2. PROCESSO DE ASSENTAMENTO	58
5.3.3. CORRETO MANUSEAMENTO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E EXECUÇÃO DAS JUNTAS.....	60
5.3.4. CONSTITUIÇÃO DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO	61
5.3.5. CARATERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO.....	63
5.3.6. GRAMPEAMENTO	65
5.3.7. CAIXA-DE-AR E ISOLAMENTO TÉRMICO	67
5.3.8. JUNTAS DE DILATAÇÃO	69
5.3.9. PEÇAS ESPECIAIS	72
5.3.10. ARMADURAS.....	73
5.3.11. IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE DA PAREDE	75
5.3.12. IMPERMEABILIZAÇÃO DAS ABERTURAS DA FACHADA	76
5.3.13. ACABAMENTO	77
5.3.14. FACHADAS VENTILADAS.....	77
5.3.15. CONCLUSÕES	78
5.4. EXIGÊNCIAS DAS PAREDES EM TIJOLO COM FACE À VISTA.....	79
5.4.1. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA ESTRUTURAL.....	79
5.4.2. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA AO FOGO	79

5.4.3. EXIGÊNCIAS DE SAÚDE E CONFORTO	80
5.4.4. EXIGÊNCIAS DE CONFORTO ACÚSTICO.....	82
5.4.5. EXIGÊNCIAS DE ESTANQUIDADE	83
5.4.6. EXIGÊNCIAS DE CONFORTO VISUAL E TÁTIL.....	83
5.4.7. EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE.....	83
5.4.8. EXIGÊNCIAS DE ECONOMIA	84

6. ANOMALIAS EM PAREDES DE TIJOLO COM FACE À VISTA.....

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	85
6.2. ORIGEM DAS PATOLOGIAS	85
6.3. CAUSAS DAS PATOLOGIAS.....	88
6.4. ANOMALIAS MAIS FREQUENTES EM PAREDES DE TIJOLO COM FACE À VISTA	92
6.4.1. FISSURAÇÃO.....	92
6.4.1.1. Fissuras nas juntas.....	93
6.4.1.2. Fissuras nos tijolos com face à vista	96
6.4.1.3. Exemplos de fissuras mais frequentes.....	97
6.4.2. EFLORESCÊNCIAS	102
6.4.3. DEFORMAÇÃO DA FACHADA PARA FORA DO PLANO.....	104
6.4.4. DEFORMAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO.....	105
6.4.5. HUMIDADES	106
6.4.6. ESMAGAMENTOS DOS BORDOS	108
6.4.7. ENODOAMENTO	109

7. CONCLUSÕES

7.1. CONCLUSÕES FINAIS	113
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Desenvolvimento do nível de qualidade de um edifício	6
Fig. 2.2 - Número de fogos concluídos em obras de construção nova e reabilitação (1991-2011)	10
Fig. 2.3 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção em 2011	11
Fig. 2.4 - Número de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes em 2011	12
Fig. 2.5 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura em 2011	12
Fig. 2.6 - Número de edifícios clássicos segundo a época de construção do edifício	12
Fig. 2.7 – Número de edifícios clássicos segundo o estado de conservação em 2011	13
Fig. 2.8 - Distribuição de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício em 2011	13
Fig. 2.9 – Distribuição de alojamentos familiares clássicos segundo a forma de ocupação em 2011 ..	14
Fig. 2.10 - Distribuição de alojamentos familiares clássicos segundo o estado de conservação do edifício, por forma de ocupação em 2011	14
Fig. 2.11 – Número de fogos concluídos em obras de construção nova, 2009-2015	16
Fig. 2.12 - Distribuição da produtividade dos segmentos do setor da construção em Portugal, em 2011	16
Fig. 2.13 – Número de fogos concluídos em obras de reabilitação segundo o tipo de obra.....	17
Fig. 2.14 - Distribuição da produtividade do setor da construção em países da União Europeia em 2011	17
Fig. 2.15 – Produtividade do segmento da reabilitação de edifícios em países da União Europeia	18
Fig. 3.1 – Tijolos de lama e palha a secarem ao sol.....	22
Fig. 3.2 – Esquema de molde utilizado pelos egípcios	22
Fig. 3.3 – Ruínas do Zigaret de Al-Untesh-Napirisham com 28 metros de altura e 62 m ² de base	23
Fig. 3.4 – Tijolo no portão Ishtar (64-562 a. C.), Babilónia	23
Fig. 3.5 – Templos de Badan, na Birmânia	25
Fig. 3.6 – Catedral de Roskilde, ilha de Zelândia na Dinamarca.....	25
Fig. 3.7 – Rotunda da Universidade de Virgínia	26
Fig. 3.8 – Universidade de Harvard.....	26
Fig. 3.9 – Edifício Chrysler	26
Fig. 3.10 – Escola de Amesterdão	26
Fig. 3.11 – Grundtvigkirke, Copenhaga, obra do arquiteto Peder Jensen-Klint, terminada em 1940 ...	27
Fig. 3.12 – Antigo terminal rodoviário convertido em estacionamento	28
Fig. 3.13 – Restaurante em edifícios industriais antigos nas docas de Lisboa	28

Fig. 3.14 – Alvenarias de pedra reforçada com tijolo a funcionar como lintel	28
Fig. 3.15 – Praça de Touros do Campo Pequeno, inaugurada em 1892	28
Fig. 3.16 – Museu da Eletricidade.....	28
Fig. 3.17 – Evolução da alvenaria em Portugal	30
Fig. 3.18 – Materiais utilizados em panos exteriores de alvenaria nos Países Baixos	31
Fig. 3.19 – Materiais de revestimento de edifícios construídos entre 2001 e 2011.....	35
Fig. 3.20 – Centro Escolar de Fonte de Angeão Arquiteto Miguel Marcelino	39
Fig. 3.21 – Jardim da Mouraria, Beja Arquiteto Pedro Sousa.....	39
Fig. 4.1 – Tijolos do tipo maciço.....	41
Fig. 4.2 – Tijolos de face à vista do tipo perfurado	41
Fig. 4.3 – Símbolo da marcação CE segundo o Regulamento dos Produtos de Construção	43
Fig. 4.4 – Esquema representativo do processo de fabrico do tijolo cerâmico	49
Fig. 4.5 – Barreiro de argila.....	49
Fig. 4.6 – Laminador simples	50
Fig. 4.7 – Laminador articulado.....	50
Fig. 4.8 – Extrusora (ou fieira) aberta para manutenção	51
Fig. 4.9 – Dispositivo para texturar tijolos	51
Fig. 4.10 – Câmara de secagem de tijolos com o ventilador no centro	51
Fig. 4.11 – Forno tipo túnel	52
Fig. 4.12 – Vagões de tijolos empilhados após saída do forno	52
Fig. 5.1 – Tipos de paredes de acordo com o Eurocódigo 6	56
Fig. 5.2 – Tipo corrente de parede em tijolo com face à vista	57
Fig. 5.3 – Aplicação correta (cima) e incorreta (baixo) de tijolo num vão de janela	58
Fig. 5.4 – Aplicação de uma camada de tijolo a seco, tendo em conta as aberturas da fachada.....	58
Fig. 5.5 – Processo de seleção de tijolos a aplicar	58
Fig. 5.6 – Aplicação escalonada dos primeiros tijolos nos pontos de referência	58
Fig. 5.7 – Bitola de madeira fixa no canto de uma parede	59
Fig. 5.8 – Fio de prumo para verificação do alinhamento vertical das juntas	59
Fig. 5.9 – Metodologia de aplicação de tijolos com dimensões diferentes	59
Fig. 5.10 – Aplicação de argamassa num topo do tijolo	60
Fig. 5.11 – Assentamento de tijolo pressionando as duas que contêm argamassa.....	60
Fig. 5.12 – Procedimento adequado de corte da argamassa	60
Fig. 5.13 – Utensílios para acabamento de juntas em tijolo com face à vista	61

Fig. 5.14 – Tipos de juntas em tijolo com face à vista	61
Fig. 5.15 – Exemplos de grampos utilizados em Portugal	65
Fig. 5.16 – Esquema de grampeamento do pano exterior de alvenaria em tijolo com face à vista	65
Fig. 5.17 – Esquema de reforço do grampeamento.....	65
Fig. 5.18 – Correta fixação de grampos em alvenaria de tijolo (esquerda) e em parede de betão armado (direita)	66
Fig. 5.19 – Medidas mínimas recomendadas para a fixação de grampos	66
Fig. 5.20 – Fixação de tijolo com face à vista em parede de betão com saliência.....	67
Fig. 5.21 – Fixação de tijolo com face à vista em parede de betão oblíqua	67
Fig. 5.22 – Sistema para manter a caixa-de-ar limpa e perigo de colocação de tijolos mal cortados...	68
Fig. 5.23 – Grampos com sistema de fixação das placas de isolamento térmico ao pano interior	68
Fig. 5.24 – Corte da zona da caleira para escoamento de uma parede dupla de tijolo com face à vista	69
Fig. 5.25 – Juntas para escoamento (4 em 4 tijolos)	69
Fig. 5.26 – Caleira triangular revestida com membrana isolante.....	69
Fig. 5.27 – Ausência de caleira de escoamento, colocando-se apenas uma membrana isolante	69
Fig. 5.28 – Dois tipos de junta vertical, acompanhando a disposição das juntas (esquerda) e através de corte vertical (direita)	70
Fig. 5.29 – Exemplo real de junta acompanhando a disposição das juntas de assentamento	70
Fig. 5.30 – Distribuição das juntas de dilatação.....	71
Fig. 5.31 – Fissura num canto inferior de um vão de janela	71
Fig. 5.32 – Forma de execução de juntas de dilatação em zona de vão	71
Fig. 5.33 – Condições dimensionais para o fecho da junta	72
Fig. 5.34 – Modo de execução de parede em zonas de junta de dilatação	72
Fig. 5.35 – Sistema de suspensão para vãos de fachadas em tijolo com face à vista.....	73
Fig. 5.36 – Zonas com maior probabilidade de sofrerem fissuração e disposição das respetivas armaduras	74
Fig. 5.37 – Disposições geométricas da armadura face à espessura da junta	74
Fig. 5.38 – Aplicação de armadura em alvenaria de tijolo com face à vista	74
Fig. 5.39 – Membrana DCP (Damp-proof courses)	75
Fig. 5.40 – Aplicação correta (b) e errada (a e c) da membrana	75
Fig. 5.41 – Impermeabilização sem saliência na parede.....	76
Fig. 5.42 – Impermeabilização com saliência na parede.....	76
Fig. 5.43 – Solução de impermeabilização de vão	76
Fig. 5.44 – Solução de impermeabilização em zona de peitoril.....	76

Fig. 5.45 – Sistemas de sustentação presentes no mercado nacional.....	78
Fig. 5.46 – Sistema de fixação na base da fachada	78
Fig. 5.47 – Sistema de fixação a meio da fachada	78
Fig. 5.48 – Pontes térmicas mais frequentes	81
Fig. 5.49 – Tijolo de elevada absorção acústica	82
Fig. 6.1 – Lei de Sitter (ou lei da evolução dos custos)	86
Fig. 6.2 – Influência das ações de manutenção na vida útil de uma construção	87
Fig. 6.3 – Patologias mais verificadas em paredes exteriores.....	87
Fig. 6.4 – Percentagens das causas de anomalias por grupo	92
Fig. 6.5 – Fissuração de junta	93
Fig. 6.6 – Refechamento de juntas com argamassa. Parede intervencionada apenas num lado (esquerda) e em ambos os lados (direita)	94
Fig. 6.7 – Exemplo de refechamento de juntas com armadura	95
Fig. 6.8 – Pormenor do refechamento de juntas com ancoragens expansivas	95
Fig. 6.9 – Pormenor de refechamento de juntas com armadura e aplicação de argamassa hidráulica (valores em mm).....	95
Fig. 6.10 – Pormenor de refechamento de juntas com armadura e aplicação de uma camada de argamassa sintética com selagem exterior (valores em mm).....	95
Fig. 6.11 – Processo de refechamento de juntas com resina orgânica e armadura	96
Fig. 6.12 – Esquema da fissuração e respetiva intervenção de reforço	96
Fig. 6.13 – Exemplo de fissuração em tijolo com face à vista	97
Fig. 6.14 – Exemplo de fissuração em cunhais	98
Fig. 6.15 – Deformação devida à falta de junta de movimento ou armadura	98
Fig. 6.16 – Espaçamento das juntas de movimento em cunhais.....	98
Fig. 6.17 – Espaçamento das juntas de movimento em cunhal orientado a Sul-Poente	98
Fig. 6.18 – Exemplo de fissuração em pano	99
Fig. 6.19 – Fissuração na interface de contato de dois materiais (esquerda) e em zona de mudança de cota (direita).....	99
Fig. 6.20 – Exemplificação da deformação do tijolo imposta pela descontinuidade.....	99
Fig. 6.21 – Posicionamento das juntas de movimento em zona de descontinuidade	100
Fig. 6.22 – Exemplo de fissuração ao nível do piso.....	100
Fig. 6.23 – Exemplo de correção de ponte térmica ao nível do piso	100
Fig. 6.24 – Corte esquemático do apoio do pano exterior de tijolo com face à vista em cantoneira ..	101
Fig. 6.25 – Peça complementar de sustentação do pano exterior em zona de piso	101
Fig. 6.26 – Exemplo de fissuração em zona de vão	101

Fig. 6.27 – Fissuração típica em zona de vão	101
Fig. 6.28 – Dimensionamento de um lintel	102
Fig. 6.29 – Lintel em vão com caixa de estore.....	102
Fig. 6.30 – Corte de zona de vão com lintel metálico	102
Fig. 6.31 – Exemplos de eflorescências numa parede em tijolo com face à vista	103
Fig. 6.32 – Sistema recomendado de grampeamento	105
Fig. 6.33 – Exemplos de deformação de junta de dilatação e consequente danificação dos tijolos adjacentes	106
Fig. 6.34 – Exemplo de presença de humidade ascensional em parede de tijolo com face à vista ...	107
Fig. 6.35 – Manchas de sujidade e proliferação de organismos em peitoris	107
Fig. 6.36 – Cortes de zona de vão com peitoril bem dimensionado	108
Fig. 6.37 – Exemplo de esmagamento dos bordos de tijolos com face à vista	109
Fig. 6.38 – Exemplos de danificação estética de parede com tinta.....	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Carências habitacionais de Portugal em 2011	15
Tabela 3.1 – Materiais utilizados em panos exteriores de alvenaria nos Países Baixos por ordem decrescente de importância	31
Tabela 3.2 – Resultados de testes comuns a tijolos com diferentes percentagens de cinza de carvão	33
Tabela 3.3 – Resistência à compressão de tijolos após ensaios de resistência ao congelamento e ação cal-magnésio	34
Tabela 4.1 – Ficha técnica de alguns dos tijolos com face à vista produzidos pela CVG	42
Tabela 4.2 – Exemplo de características técnicas do material cerâmico	43
Tabela 4.3 – Classificação de tijolos cerâmicos	44
Tabela 4.4 – Classes de teores de sais solúveis ativos – NP EN 771-1:2012	45
Tabela 4.5 – Características essenciais dos tijolos cerâmicos relevantes para a marcação CE	47
Tabela 5.1 – Requisitos da granulometria da areia	62
Tabela 5.2 – Composição e resistência segundo a norma espanhola UNE 83-800-94	64
Tabela 5.3 – Exemplos de traços de argamassas para assentamento de tijolo com face à vista	64
Tabela 5.4 – Área e número de grampos em alguns países	66
Tabela 5.5 – Espessuras mínimas de paredes face às exigências contra incêndios.....	80
Tabela 5.6 – Resistências térmicas ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) de paredes simples de tijolo	81
Tabela 5.7 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de duas soluções de alvenaria, com base no RCCTE	82
Tabela 6.1 – Causas e agentes de patologias em paredes não estruturais.....	88
Tabela 6.2 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos	90
Tabela 6.3 – Soluções específicas para remoção de manchas impregnadas em cerâmicos	110

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Devido à atual saturação do parque edificado, não só em Portugal, mas também noutros países da Europa, ganha força o setor da reabilitação. Com o passar do tempo, este ramo de atividade tem vindo a tornar-se numa grande necessidade, pois além de saturado, o parque habitacional encontra-se também degradado numa escala considerável, sendo assim necessário intervir para que os edifícios mantenham as suas características e o seu correto desempenho.

Este fato não se verifica apenas nos edifícios antigos, havendo já edifícios recentes a darem sinais de necessidade de intervenções de reabilitação, principalmente devido a má execução e a falta de trabalhos de manutenção.

As paredes de alvenaria constituem uma das principais fontes de patologias nos edifícios. Posto isto, deve haver uma preocupação constante de manutenção ao longo de toda a vida do edifício, sendo as fachadas um dos elementos que requerem maior cuidado, pois estão em constante exposição aos vários fatores de degradação, como o vento e a chuva, tendo uma grande influência no comportamento e desempenho dos edifícios em termos de habitabilidade, segurança e durabilidade.

Outro fator que releva a importância da manutenção e da reabilitação das paredes de fachada é que estas representam o rosto principal de um edifício, contribuindo para a sua valorização. Nesta área da valorização dos edifícios através da componente estética das fachadas, uma boa opção a ter em conta é o tijolo com face à vista. Além de ainda não ser um material largamente utilizado na construção em Portugal, o tijolo com face à vista confere um acabamento estético bastante agradável e possui também grande durabilidade comparativamente a outros materiais, desde que a sua produção e aplicação sejam realizadas adequadamente.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho destina-se a aumentar o nível de conhecimento sobre a execução de paredes de fachada em tijolo com face à vista, e desmistificar um pouco o mito que há de que estes tipos de paredes dão origem a demasiados tipos de patologias. Esta ideia é totalmente errada, pois a execução de paredes em tijolo com face à vista requiere um maior cuidado e rigor do que as paredes tradicionais de tijolo furado, que se destinam a serem revestidas, logo as boas práticas de execução são um pouco negligenciadas.

Os principais objetivos são estudar os procedimentos corretos a seguir na execução de paredes em tijolo com face à vista, o que é indispensável para que estas tenham o desempenho e durabilidade pretendidos,

e também as principais anomalias verificadas neste tipo de construção, assim como as respetivas técnicas de reabilitação. Estas técnicas são de dificuldade de execução acrescida em relação às paredes tradicionais, pois todas as reparações a realizar irão ficar visíveis na fachada.

1.3. ESTRUTURA E CONTEÚDO DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação é constituída por 7 capítulos.

No presente capítulo é feita uma breve introdução ao trabalho, como forma de enquadramento para o leitor, e também uma descrição dos objetivos a atingir.

No capítulo 2 é desenvolvido o tema da reabilitação, apoiado por dados estatísticos nacionais e também de outros países da Europa, de modo a se perceber a evolução que este ramo da construção tem vindo a sofrer.

No capítulo 3 é feito um enquadramento histórico e um ponto de situação atual da alvenaria de tijolo com face à vista, não só em Portugal mas também noutros países do mundo.

No capítulo 4 é apresentada uma caracterização do tijolo com face à vista do ponto de vista de material construtivo, nomeadamente tipos, características técnicas, processo de fabrico, entre outros.

No capítulo 5 é feita a descrição do processo de execução de fachadas em tijolo com face à vista, abordando todas as fases do processo, assim como os pontos singulares a que se deve dedicar maior atenção.

No capítulo 6 são descritas as principais anomalias que ocorrem em fachadas de tijolo com face à vista, as suas causas, formas de manifestação e respetivas técnicas de reabilitação.

O capítulo 7 é constituído pela conclusão, onde se apresentam algumas conclusões finais a reter e também algumas perspetivas futuras, no que toca à utilização do tijolo com face à vista.

2

REABILITAÇÃO

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1.1. CONCEITO E OBJETIVOS

Desde há muitos anos que existe a preocupação em conservar o património arquitetónico, preocupação esta que se tem vindo a acentuar cada vez mais e que tem o intuito de o preservar para as gerações futuras.

O Regime Jurídico da Reabilitação Urbana (RJRU), aprovado pelo Decreto Lei nº 307/2009, de 23 de Outubro e alterado pela Lei nº 32/2012, de 14 de Agosto, define reabilitação de edifícios como *“a forma de intervenção destinada a conferir adequadas características de desempenho e de segurança funcional, estrutural e construtiva a um ou a vários edifícios, às construções funcionalmente adjacentes incorporadas no seu logradouro, bem como às frações eventualmente integradas nesse edifício, ou a conceder-lhes novas aptidões funcionais, determinadas em função das opções de reabilitação urbana prosseguidas, com vista a permitir novos usos ou o mesmo uso com padrões de desempenho mais elevados, podendo compreender uma ou mais operações urbanísticas”* (alínea (i), do art.º 2º).

Durante um longo período de tempo este conceito esteve ligado apenas aos monumentos, a mentalidade era que apenas aqueles tinham valor histórico, sendo então os únicos a preservar e proteger. No entanto, esta tendência tem vindo a dissipar-se, estando o ramo da reabilitação de edifícios a ganhar considerado interesse e importância, devido à escassa necessidade de construção nova e, também, porque se detetam anomalias com necessidade de reparação em edifícios ainda recentes, resultado de erros de projeto e/ou de execução, e não propriamente do desgaste habitual.

Nos dias de hoje é totalmente reconhecida a grande importância da conservação e da reabilitação dos edifícios, tanto os históricos, como os correntes que contribuem para o tecido urbano, bem como os seus benefícios sociais, culturais, ambientais e económicos. O ramo da reabilitação possui uma relevância estratégica tal, que gera o interesse de todos os setores da sociedade, desde o setor político aos cidadãos normais, passando pelos agentes económicos e sociais [1].

Atualmente, no que à reabilitação diz respeito, existe um conjunto de objetivos que devem ser cumpridos por todas as intervenções daquele tipo. Estes objetivos são: [9]

- Respeitar as características morfológicas e tipológicas da arquitetura local;
- Assegurar as condições básicas de higiene, saúde, conforto, segurança estrutural e segurança contra incêndios;
- Melhorar o desempenho da construção, nomeadamente dos espaços, equipamentos e instalações;

- Aproveitar ao máximo elementos e partes das construções antigas, antes de promover a sua modernização em termos de materiais e soluções construtivas;
- Evitar remover ou alterar as evidências de carácter histórico do edifício;
- Assegurar a total compatibilidade das intervenções com o que já existe, do ponto de vista tecnológico, construtivo e formal;
- Evitar soluções cujas transformações sejam irreversíveis;
- Dar preferência a soluções com tecnologias tradicionais e materiais correntes, mas de qualidade comprovada;
- Documentar todas as intervenções, clarificando qual a realidade preexistente antes da intervenção e as alterações realizadas;
- Promover a participação dos residentes nas decisões do projeto.

2.1.2. TERMINOLOGIA ASSOCIADA

Além do conceito de reabilitação, há um conjunto de outras definições que interessam abordar, tanto por complementarem o próprio conceito de reabilitação, como também por existirem termos diferentes para definir conceitos semelhantes e vice-versa.

Os conceitos referidos que importam apresentar são os seguintes [2], [3]:

- Beneficiação: *“termo que se assume como sendo uma metodologia de intervenção no edifício. Destina-se a classificar intervenções de Reabilitação em que o nível de qualidade é elevado e acima do seu valor inicial.”*
- Conservação: *“engloba todo o conjunto de ações destinadas a prolongar o tempo de vida de uma dada edificação. Implica desencadear um conjunto de medidas destinadas a salvaguardar e prevenir a degradação, que incluem a realização de operações de manutenção necessárias ao correto funcionamento de todas as partes e elementos de um edifício.”*

Acerca da conservação dos edifícios, é necessário entender que este conceito exige um grande rigor científico e engloba um largo leque de áreas de conhecimento na sua conceção. Este tema necessita ainda de um grande apoio laboratorial, para desenvolver as análises especializadas e para a determinação dos diagnósticos patológicos de uma forma cada vez mais concreta e eficiente, além disto envolve ainda o profundo conhecimento de antigas e novas tecnologias, materiais e processos construtivos.

- Demolição: *“carateriza um determinado tipo de obras não tendo relação direta com qualquer metodologia de intervenção num edifício em utilização.”*
- Manutenção: *“série de operações empreendidas visando minimizar os ritmos de deterioração na vida de um edifício (ou de determinado parque edificado) e desenvolvidas sobre as diversas partes e elementos da sua construção, assim como sobre as suas instalações e equipamentos. São operações programadas e efetuadas em ciclos regulares. Tem vindo a substituir o termo conservação quando se pretende descrever todas as ações que é necessário levar a cabo num edifício, destinadas a manter o seu padrão inicial de qualidade.”*

O conceito de manutenção é bastante relevante, pois é a manutenção (ou a inexistência dela) que vai conduzir a maiores ou menores necessidades de reabilitação. Existem vários tipos de estratégias de manutenção, sendo a estratégia a adotar a mais adequada às caraterísticas específicas do edifício e à sua utilização. Posto isto, existem três tipos de estratégias de manutenção diferentes, que são:

- Manutenção Reativa (ou Curativa): esta é a estratégia mais elementar e a mais usada em Portugal, principalmente devido à falta de informação por parte dos utentes e das entidades, públicas e privadas, gestoras dos edifícios. Este tipo de manutenção consiste em ignorar o

processo de degradação do edifício até ao aparecimento das anomalias, efetuando-se de seguida a sua correção. Nestes casos, existe sempre o risco da segurança, que pode ser perigoso e também muito dispendioso a longo prazo, uma vez que no momento em que a anomalia se torna visível, a sua fonte já estará, certamente, ativa há muito tempo sem qualquer tipo de acompanhamento. Se este acompanhamento fosse permanente, por parte dos utentes, os custos da intervenção poderiam reduzir consideravelmente.

- Manutenção Preventiva: este tipo de manutenção, também denominado por manutenção pró-ativa ou planeada, apresenta algumas vantagens em relação à manutenção reativa. A principal diferença entre esta estratégia e a estratégia de manutenção preventiva é que a primeira é realizada antes do aparecimento das anomalias, de acordo com os procedimentos preestabelecidos nos manuais de serviço, ou seja, recorre-se a intervenções de manutenção, podendo haver ou não ações de inspeção.
- Manutenção Integrada: esta estratégia de manutenção está num patamar ainda mais elevado do que as referidas anteriormente. A manutenção integrada conjuga as estratégias de manutenção reativa e preventiva, originando uma nova estratégia de manutenção que assenta nas novas tecnologias e que permite manusear uma grande quantidade de informação e, por conseguinte, gerir de forma mais eficiente grandes empreendimentos.

Apresentadas as várias estratégias de manutenção de edifícios de uma forma sintetizada, expõe-se de seguida outros conceitos importantes ligados à reabilitação:

- Recuperação: *“utilizado para tipificar intervenções de reabilitação em que o edifício se encontra próximo do limite de insatisfação. É ainda corrente subdividir as operações de recuperação de acordo com a metodologia de intervenção em: Remodelação, Revitalização e Restauro.”*
- Remodelação: *“é uma das hipóteses de realizar uma intervenção de recuperação. Pressupõe uma alteração funcional do edifício, mas em que se assume a utilização de materiais e soluções novas.”*
- Reparação: *“vocábulo profundamente ligado ao tipo de obra embora, possa ser o mais utilizado face a situações pontuais de patologias localizadas.”*
- Restauro: *“conjunto de ações altamente especializadas, desenvolvidas de modo a recuperar a imagem, a conceção original ou o momento áureo na história de um edifício, no qual a sua arquitetura possuiu coerente totalidade.”*

Expostos todos estes conceitos que, interligados entre si, complementam o conceito de reabilitação, pode-se agora interpretar de uma forma mais capaz as fases da vida de um edifício. Com o passar do tempo, os edifícios vão perdendo o seu nível de qualidade, nível este que pode ser novamente aumentado para valores próximos do nível inicial, através de ações de reabilitação. A figura seguinte ilustra, num referencial tempo – qualidade, a interligação de conceitos já abordados anteriormente neste subcapítulo.

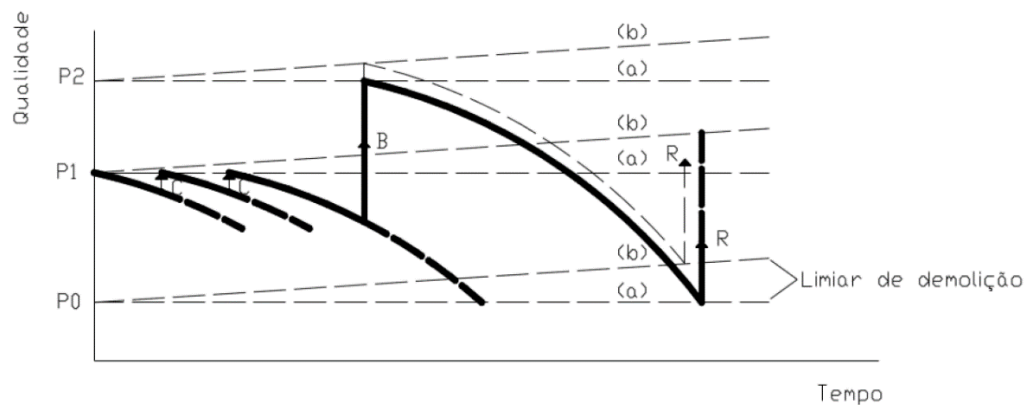


Figura 2.1- Desenvolvimento do nível de qualidade de um edifício [4]

Este nível de qualidade é global e pode ser medido pela quantificação da resposta dada pelo edifício em estudo a cada uma das exigências funcionais publicadas na Diretiva dos Produtos da Construção 89/106/CEE (Capítulo 2 - Durabilidade). Após a observação deste gráfico, pode-se facilmente concluir que o nível de degradação de um edifício está fortemente ligado ao seu índice de qualidade na resposta dada. A situação ilustrada na figura 2.1 é uma situação teórica da evolução do nível de qualidade no tempo, onde se incluem algumas ações de conservação e de reabilitação já abordadas, sendo assim possível fazer a legenda da figura:

- P0 – padrão de qualidade correspondente à inoperacionalidade;
- P1 – padrão de qualidade inicial;
- P2 – padrão de qualidade superior ao inicial;
- (a) – manutenção dos padrões de qualidade no tempo;
- (b) – evolução dos padrões de qualidade no tempo;
- C – Conservação;
- B – Beneficiação;
- R – Recuperação.

2.1.3. NÍVEIS DE REABILITAÇÃO

Existem diferentes graus de severidade das anomalias presentes nos edifícios, havendo por isso, diferentes níveis de reabilitação, de acordo com a complexidade da intervenção necessária. É necessário determinar o nível de reabilitação antes de se proceder a qualquer intervenção que seja. Posto isto, existem quatro níveis de reabilitação que interessam abordar [5]:

- Reabilitação Ligeira: este é o tipo de intervenção mais elementar, que basicamente não passa da execução de pequenas reparações e beneficiações de instalações e equipamentos.

A reabilitação ligeira, na grande maioria dos casos, consiste no melhoramento das condições de iluminação, ventilação e exaustão das casas de banho e cozinhas.

Em menor número, este nível de intervenção pode incluir também limpezas e reparações de coberturas, reparação de anomalias em rebocos, reparação de caixilharias e beneficiação de instalações elétricas e de iluminação artificial.

Este tipo de reabilitação não engloba reparação de elementos estruturais ou alterações de soluções construtivas existentes, visto que, nestes casos, o estado de conservação dos edifícios é satisfatório, pelo que não há necessidade de realojamento provisório.

Do ponto de vista económico, o habitual é que este tipo de intervenções não ultrapasse cerca de 1/3 do custo de uma habitação nova com características similares.

- **Reabilitação Média:** engloba o tipo de intervenções da reabilitação ligeira, aos quais se adicionam trabalhos mais complexos, como por exemplo reparação/substituição parcial de elementos de carpintaria, caixilharias, elementos de escadas, soalhos ou tetos; reforço de elementos estruturais, normalmente lajes de pisos e das estruturas de cobertura; reparação de revestimentos; instalação de redes elétricas; beneficiação de redes de água e esgotos; reorganização de espaços; etc.

O nível médio de reabilitação permite, na maioria das situações, que os moradores permaneçam no edifício durante a realização dos trabalhos. No entanto, nos casos em que é posta em causa a comodidade e a segurança dos residentes, deve ser assegurado seu o realojamento provisório.

Em termos económicos, este tipo de intervenção é mais dispendioso do que o anterior, não devendo ultrapassar cerca de 1/2 do custo de uma habitação nova com características semelhantes.

- **Reabilitação Profunda:** inclui o tipo de trabalhos descritos anteriormente, somados da necessidade de realização de alterações profundas na organização interior dos espaços nos edifícios, da introdução ou adaptação de espaços para executar instalações e da introdução de equipamentos em falta, como por exemplo instalações sanitárias, reorganização funcional das cozinhas, demolições e reconstruções significativas, resolução de problemas estruturais, etc.

Estes tipos de intervenções consistem, maioritariamente, em substituir, parcial ou mesmo totalmente, lajes de pisos e paredes divisórias, resolver problemas estruturais, substituir integralmente elementos de carpintaria e executar novos revestimentos.

A complexidade dos trabalhos realizados neste tipo de reabilitação implica a aplicação ponderada de novos materiais, a utilização de novas soluções construtivas e a satisfação das exigências funcionais mais profundas.

Contrariamente aos níveis de reabilitação ligeira e média, o nível profundo de reabilitação obriga à desocupação do edifício, sendo por isso necessário proceder ao realojamento provisório dos moradores, sendo que nestes casos pode ser por um período de tempo significativo.

Economicamente, estes tipos de intervenções podem atingir o custo de uma habitação nova com características semelhantes. Fato este que introduz a dúvida entre reabilitar ou construir de raiz.

- **Reabilitação Excecional:** consiste na execução de trabalhos absolutamente notáveis, com um elevadíssimo grau de complexidade, em que nalguns casos implica a reconstrução total do edifício.

Em intervenções deste nível, se o seu valor patrimonial assim o justificar, pode haver a necessidade de recorrer a técnicas de restauro para executar na envolvente do edifício, ou mesmo no seu interior. Este tipo de reabilitação pode levar à reconstrução do edifício, se este tiver valor reconhecido para a imagem urbana do local, acrescentando a modernização de algumas partes da construção ou a reabilitação dos edifícios para níveis de desempenho bastante elevados e muito superiores aos que existiam previamente, neste último caso o melhor termo a usar é o de beneficiação.

Nestes casos de novas edificações, devem ser utilizados os conhecimentos atuais de todas as áreas científicas envolvidas numa obra, incluindo a arquitetura contemporânea, existindo sempre o cuidado de não violar os valores culturais do local e da sua envolvente.

Do ponto de vista económico, é de fácil compreensão que este tipo de reabilitação atinja custos significativamente superiores ao de uma edificação nova com as mesmas características. É, por isto, muito importante fazer uma ponderação, em função do potencial uso do edifício, do seu valor enquanto património arquitetónico e se possui, ou não, valores de participação no conjunto edificado adjacente.

Em jeito de conclusão, o que se observa nos dias de hoje são ações de reabilitação que apenas “lavam a cara” dos edifícios, o que até se percebe, pois o aspeto exterior é dos fatores que mais importam para os compradores. Isto é incorreto, pois dá-se menos importância às obras de reabilitação que visam melhorar o bem-estar dos utentes dos edifícios e, principalmente, responder de forma segura e eficiente às novas necessidades daqueles. O comportamento estrutural deveria ser o principal motivo para se realizarem obras de reabilitação, o que não acontece, porque estes tipos de trabalhos são muito mais dispendiosos e a falta de informação das pessoas leva a que estas sobrevalorizem os custos de reabilitação estrutural, adiando-os até serem mesmo obrigados a realizá-los. Outro motivo que leva ao adiamento da realização deste tipo de trabalhos de reabilitação estrutural é o fato de estes interromperem o normal funcionamento dos edifícios, fator que acrescenta custos extra (alojamentos provisórios ou paragem de negócios, se se tratar de um edifício comercial) ao cliente.

2.1.4. MOTIVAÇÕES E OBSTÁCULOS À REABILITAÇÃO

A reabilitação de edifícios é, nos dias de hoje, uma das ações de construção mais importantes, não só em Portugal, como em todo o mundo. Através da reabilitação, é possível preservar o parque habitacional, principalmente os que possuem valor histórico e cultural, proteger o meio ambiente e reduzir consideravelmente os custos, quando comparados com os custos de demolição, somados aos de reconstrução.

Pode-se afirmar que a reabilitação de edifícios ganhou uma grande importância na Europa e, mais recentemente, em Portugal, por razões sociais, económicas, históricas, culturais e ambientais. As suas principais vantagens são:

- Vantagens Económicas:
 - Redução dos custos de demolição;
 - Redução dos custos com licenças e taxas;
 - Aprovação mais fácil dos projetos;
 - Redução dos custos com o estaleiro;
 - Redução das perturbações do tráfego urbano;
 - Colocação mais fácil de produtos de construção;
 - Redução das quantidades de novos materiais;
- Preservação de valores culturais e com importância na História;
- Proteção Ambiental:
 - Menor consumo de energia na produção e aplicação de produtos de construção;
 - Reduz as emissões de CO₂;
 - Limita as quantidades dos produtos resultantes de demolições a remover e a destruir;
- Pessoas e bens expostos a menores riscos;
- Eliminação das demolições.

Embora a reabilitação seja bastante vantajosa a vários níveis, esta é um ramo da construção que contém muitas especificidades, pois conjuga um grande número de pessoas e organizações, com perfis, experiências e pontos de vista distintos, o que se pode tornar num obstáculo no decorrer de todo o processo, desde a fase de diagnóstico, até à conclusão da obra.

Um fator condicionante desta atividade é o de que, muitas vezes, é valorizado apenas a parte estética das intervenções, deixando um bocado a desejar na parte da segurança, na durabilidade das soluções implementadas e no desempenho funcional do edifício. Por isto, é fundamental fazer uma gestão ponderada dos recursos disponíveis, tanto materiais como humanos, e assegurar a compatibilidade das ações de intervenção a executar, sendo imperativo haver um planeamento integrado que permita fazer uma gestão e controlo de todo o processo de reabilitação [5].

Posto isto, pode-se apresentar os principais obstáculos que se opõem à reabilitação:

- Viabilidade económica depende da dimensão da intervenção;
- Em casos de intervenções mais complexas, como reabilitação de elementos estruturais, obriga à desocupação do edifício;
- Assegurar o cumprimento de todas as exigências garantidas em obra nova;
- Maior incerteza na variação dos custos;
- Falta de conhecimento acerca do edifício em causa, não permitindo saber o que está por trás dos elementos construtivos;
- Incompleto enquadramento legal deste setor da construção;
- Inadequação dos incentivos fiscais e financeiros;
- Rarefação de linhas de crédito necessárias;
- Escassa preparação técnica e disciplinar por parte de grande número dos agentes envolvidos no processo, devido à falta de formação na área da reabilitação;
- Desadequação da indústria da construção, pois esta apenas procura, quase exclusivamente, responder às necessidades de obra nova;
- Investigação prévia insuficiente para apoiar de forma sustentável a prática da reabilitação, sendo necessário garantir o registo do inventário do património edificado, assim como o esclarecimento e desenvolvimento das formas de se proceder ao restauro, conservação e reabilitação.

Estes obstáculos podem ser ultrapassados, para isto é necessário que os trabalhos de reabilitação sejam executados de forma articulada e de acordo com o espaço envolvente.

Concluindo, uma ação de reabilitação não deve ser pensada apenas para o edifício em causa, mas também para o ambiente construído envolvente, de modo a facilitar o próprio processo de reabilitação e a garantir que este fique completamente inserido esteticamente e funcionalmente.

2.1.5. REABILITAÇÃO VS CONSTRUÇÃO NOVA

É muito comum fazer-se a comparação entre reabilitação e construção nova. Estes dois ramos da construção possuem condicionantes diferentes que interessam abordar. No caso da construção nova, as principais condicionantes estão relacionadas com o terreno, com o ordenamento do território e todas as variantes que este traz. Na reabilitação, além dos aspetos comuns a todas as obras, os aspetos que mais condicionam aquela atividade são o estado de conservação do edifício e as restrições impostas pela vizinhança. [6]

Esta última condicionante é bastante importante, logo é indispensável ter um conhecimento aprofundado sobre o edifício a intervir. Este conhecimento deve ser alargado aos edifícios justapostos ou, se assim se

justificar, ao arruamento ou quarteirão. É depois de se ter posse deste conhecimento, que se deve proceder à tomada de decisões sobre a reabilitação do edificado em causa.

Não existe uma divisão temporal clara entre os edifícios antigos e os recentes, pois não existe um corte entre as tecnologias usadas nos dois tipos de edifícios. O que se tem vindo a notar é o abandono da realização de alvenarias resistentes, optando-se por estruturas de betão armado. Além deste aspeto estrutural, a reabilitação atual visa recuperar, não só os elementos individualmente, mas também os espaços que ligam estes mesmos elementos, melhorando as condições de salubridade dos edifícios, permitindo assim uma melhor iluminação e arejamento dos espaços. Um aspeto menos considerado, mas que não é menos importante, é a fato de o verde urbano estar progressivamente a ser substituído por vias de comunicação, sendo uma medida a considerar a plantação de arbustos e árvores.

Este conceito de reabilitação tem ganho peso na indústria da construção recentemente, principalmente devido à crise que se faz sentir naquele setor, resultante da construção excessiva e desnecessária e que agora resultam em cerca de meio milhão de habitações desabitadas em Portugal. Contudo, muito do edificado português necessita de intervenções de reabilitação, e é aqui que o foco da indústria da construção tem de estar. A figura seguinte ilustra o crescimento que o setor da reabilitação tem vindo a ter na última década, embora ainda seja um setor em desenvolvimento.

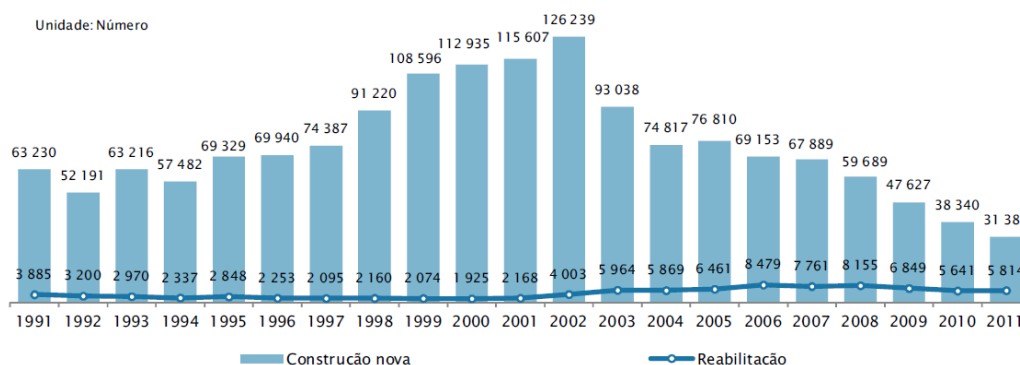


Figura 2.2 – Número de fogos concluídos em obras de construção nova e reabilitação (1991-2011) [7]

A reabilitação só faz sentido se for executada acompanhada de uma preocupação constante com o todo. É fundamental ter uma visão do conjunto, que englobe a revitalização sócio-demográfica, o espaço público, as atividades económicas e a qualidade do meio ambiente. A conjugação da soma de todos estes fatores permite uma requalificação, não só do edifício em causa, mas global do lugar, confere-lhe uma maior atratividade e uma melhor qualidade de vida a quem usufrui daquele território.

2.2. O SETOR DA REABILITAÇÃO

2.2.1. O SETOR DA REABILITAÇÃO EM PORTUGAL

Analise-se agora o que se passa em Portugal no que à reabilitação diz respeito. Para esta análise é fundamental realizar uma caracterização quantitativa do parque habitacional português, nomeadamente os aspetos morfológicos, construtivos, arquitetónicos, idade, nível de degradação, entre outros.

O desenvolvimento das cidades tem seguido o caminho da requalificação urbana, no sentido de conseguir dar resposta às carências habitacionais que se fazem sentir. É neste processo que é compreendida a reabilitação, a renovação e a reestruturação do edificado. Devido a isto, o setor da construção tem vindo a reproduzir um progressivo abrandamento no que diz respeito à obra nova, dando

mais ênfase à reabilitação do parque habitacional já existente, uma vez que este já satisfaz praticamente todas as necessidades da população, embora grande parte se encontre degradado e carente de intervenções.

A principal fonte de informação para que seja possível fazer esta análise foi o Inquérito Nacional Censos 2011. Este é um inquérito que se realiza de dez em dez anos, sendo que o último a ser realizado foi em 2011. Este é bastante interessante e elucidativo, uma vez que aborda uma grande quantidade de objetos de estudo à escala nacional.

2.2.1.1. Caracterização Morfológica e Construtiva do Parque Habitacional Português

Atualmente, em Portugal, tem-se verificado um despovoamento e consequente degradação dos centros históricos das cidades e uma expansão das periferias e subúrbios destas cidades, originando as áreas metropolitanas. As cidades cresceram demasiado rápido, fator que explica o baixo nível de qualidade construtiva, com falta de infraestruturas e de equipamentos coletivos, o que leva a que hajam edifícios recentes que necessitam de obras de reabilitação precoces.

Antes de qualquer projeto de reabilitação, tem de se ter um conhecimento profundo acerca do edifício onde se vai intervir. Interessa por isso fazer uma caracterização do parque habitacional existente em Portugal.

Do ponto de vista construtivo, e como podemos observar na figura 2.3, a solução mais utilizada é o betão armado, que constitui quase metade dos edifícios em 2011.

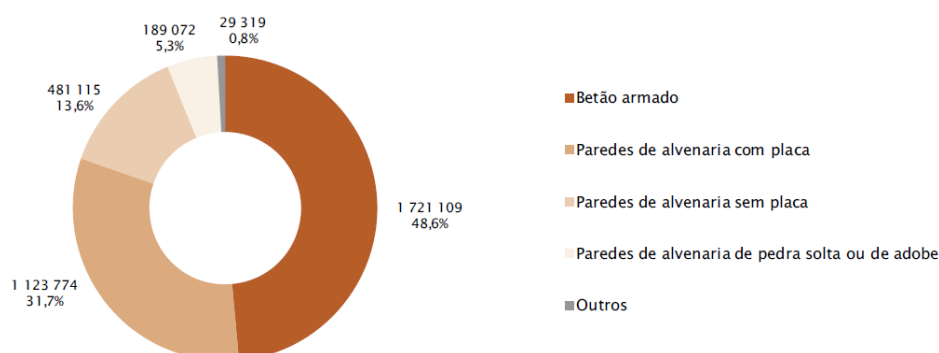


Figura 2.3 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção em 2011 [8]

Outro aspeto que interessa abordar, e ganha ainda mais importância no âmbito da presente dissertação, é o tipo de revestimento exterior das paredes. Este é uma característica a aprofundar neste trabalho, sendo a “cara visível” dos edifícios, logo é um dos fatores que mais valor atribuem ao edifício em causa. Em Portugal predominam os revestimentos em reboco tradicional, como se pode verificar na imagem seguinte.

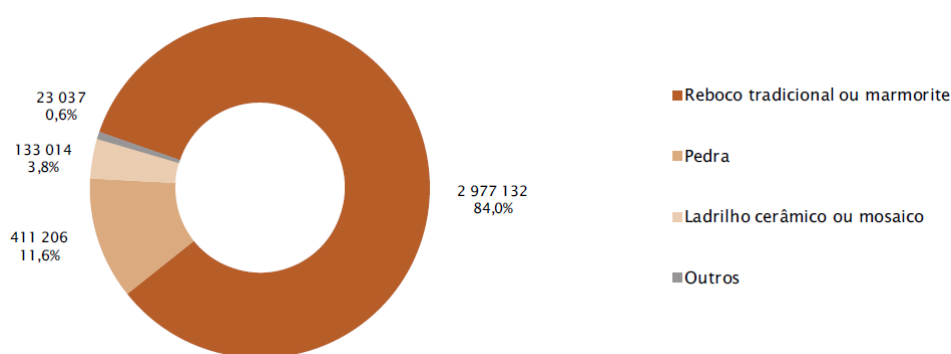


Figura 2.4 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes em 2011 [8]

Em termos da cobertura, em Portugal é quase exclusivamente utilizada a cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas ou de betão, como podemos verificar na imagem seguinte.

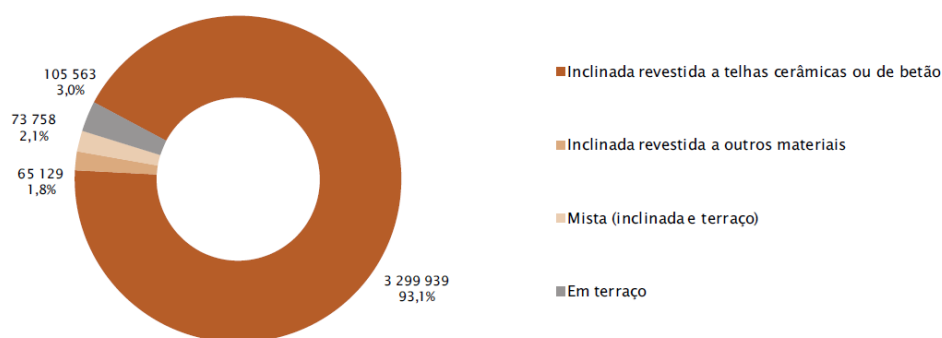


Figura 2.5 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura em 2011 [8]

Outro fator que tem de se ter presente antes de qualquer ação de reabilitação é a idade do edifício. Isto é bastante importante principalmente para se ter uma noção dos materiais e das técnicas de construção utilizadas. O seguinte gráfico reúne esta informação até à data de 2011.

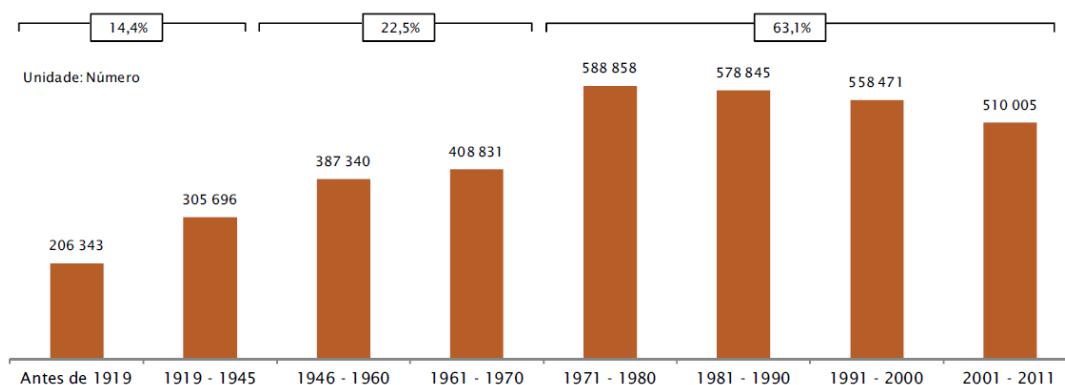


Figura 2.6 – Número de edifícios clássicos segundo a época de construção do edifício [8]

Analisando a figura 2.6 pode-se concluir que o parque habitacional português é relativamente recente, uma vez que a grande maioria dos edifícios foram construídos nas ultimas quatro décadas (63,1%). Em sentido contrário encontram-se os edifícios antigos, ou seja, os edifícios construídos antes de 1919. Este

baixo número de edifícios antigos deve-se à elevada degradação e também à construção intensiva de edifícios novos.

2.2.1.2. Estado de Conservação do Parque Habitacional Português

O estudo detalhado dos diferentes elementos que compõem o edifício tem a finalidade apurar o estado de conservação, para depois se determinar o tipo e o nível da intervenção a realizar e, também, se proceder ao estabelecimento de um calendário da intervenção, o que é indispensável quando existem recursos financeiros limitados que têm de ser geridos da melhor forma possível.

O gráfico seguinte ilustra as necessidades de reabilitação do edificado português.

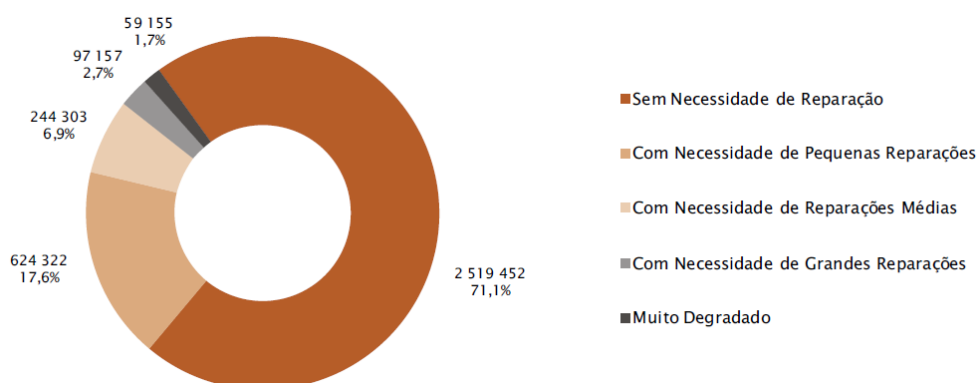


Figura 2.7 – Número de edifícios clássicos segundo o estado de conservação em 2011 [8]

Interessa também conhecer, como já foi referido, a idade do edifício a reabilitar. A imagem seguinte ilustra as necessidades de reabilitação dos edifícios, segundo a data da sua construção.

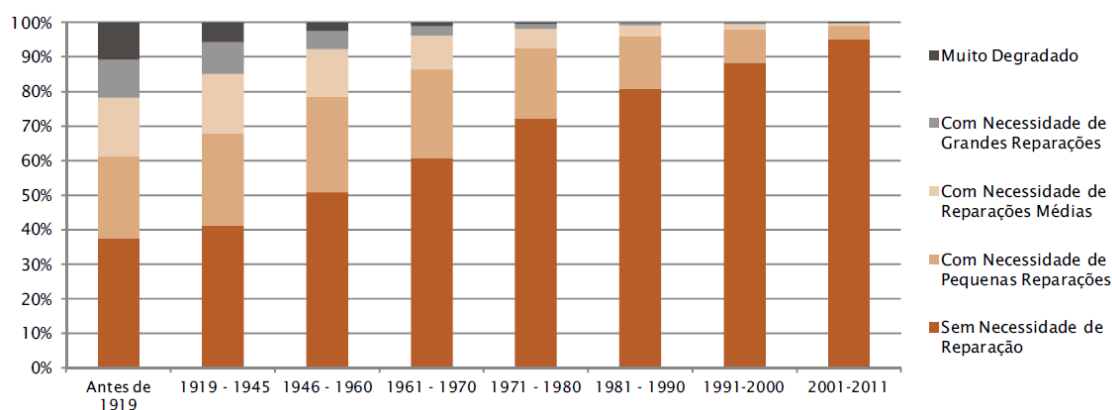


Figura 2.8 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício em 2011 [8]

Como era de esperar, verifica-se que quanto mais recentes são os edifícios, menos ações de reabilitação são necessárias. Contudo, mesmo em edifícios construídos entre 2001 e 2011, há uma pequena percentagem de edifícios que necessitam de reparações, mesmo que pequenas e médias. Nestes casos, os problemas detetados surgem de erros de projeto, de execução, de aplicação de materiais desadequados, de má utilização por parte dos utentes ou de causas acidentais.

É um pouco preocupante verificar que existem perto de um milhão de edifícios que necessitam de obras de reabilitação e que ainda existem cerca de sessenta mil edifícios num estado muito avançado de degradação, estes que, provavelmente, não têm solução de reabilitação, sendo objetos de destruição e de abandono.

Esta destruição e abandono referidos são, maioritariamente, são resultado do regime de ocupação. Segundo os Censos de 2011 (imagem 2.9), existe uma percentagem significativa de edifícios que se encontram vagos, favorecendo assim o agravamento do seu estado de conservação.

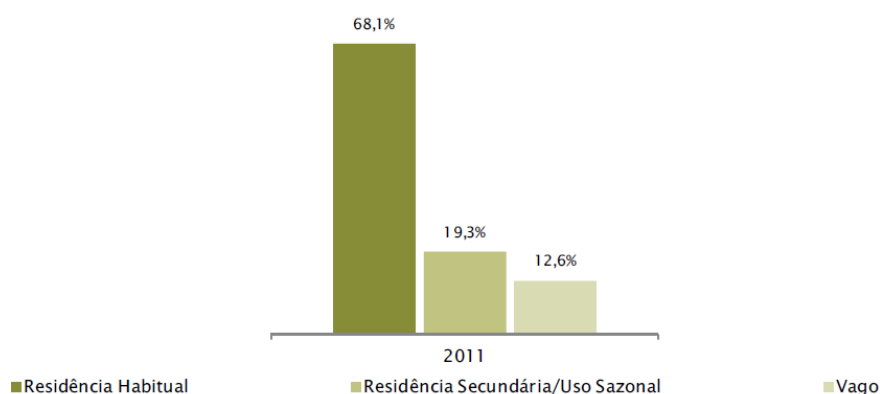


Figura 2.9 – Distribuição de alojamentos familiares clássicos segundo a forma de ocupação em 2011 [8]

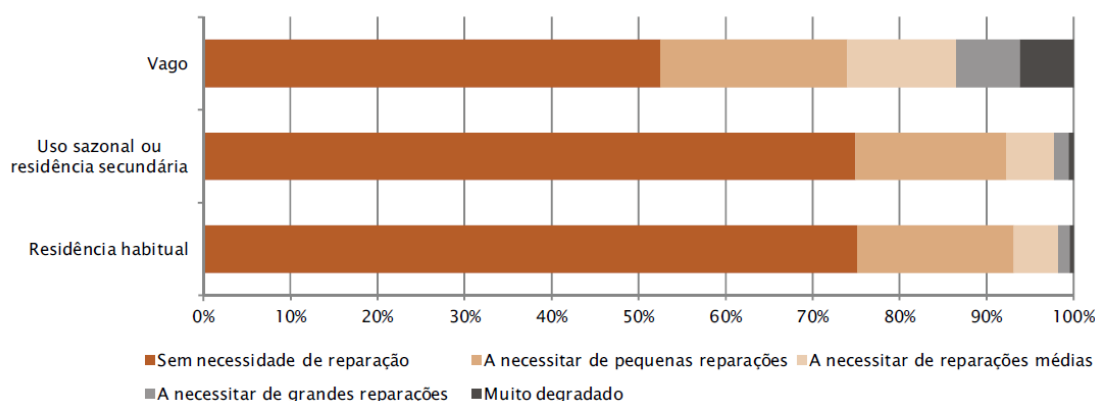


Figura 2.10 – Distribuição de alojamentos familiares clássicos segundo o estado de conservação do edifício, por forma de ocupação em 2011 [8]

Analisando a figura 2.10 observa-se que, quanto menos utilizado é o edifício, mais ações de reabilitação profunda necessitam. Sendo que os edifícios que funcionam como residência habitual necessitam de mais intervenções leves, mas menos de intervenções mais profundas e complexas.

2.2.1.3. Carências Habitacionais em Portugal

Virando agora o foco para as carências habitacionais que se fazem sentir em Portugal, estas podem ser estudadas por dois prismas: quantitativo e qualitativo.

Começando pela análise quantitativa, e recorrendo ao inquérito Censos 2011, foi possível organizar a informação no seguinte quadro.

Tabela 2.1 – Carências habitacionais de Portugal em 2011 [8]

Carências Habitacionais	Número de Alojamentos
Alojamentos não clássicos	6 612
Famílias clássicas residentes em hotéis e similares e convivências	3 373
Alojamentos para famílias que residiam em regime de ocupação partilhada	42 009
Alojamentos considerados suficientes para garantir o funcionamento do mercado e a mobilidade da população	80 662
Total de carências	132 656
Alojamentos vagos disponíveis no mercado	274 966
Taxa de cobertura	207,3 %

Analisando a tabela 2.1, verifica-se que o número de carências habitacionais (132 656) é inferior ao número de alojamentos que estão disponíveis no mercado (274 966), sendo possível concluir que não existem carências habitacionais do ponto de vista quantitativo em Portugal, em 2011.

Embora quantitativamente não existam carências habitacionais em Portugal, do ponto de vista qualitativo o cenário torna-se um pouco preocupante, devido aos seguintes fatos:

- 450 729 alojamentos sobrelotados (349 713 com falta de uma divisão, 78 568 com falta de duas divisões e 22 448 com falta de três ou mais divisões);
- 18 297 alojamentos familiares clássicos, ocupados como residência habitual, integrados em edifícios muito degradados;
- 76 581 alojamentos familiares clássicos com carência de pelo menos uma infraestrutura básica (água canalizada, eletricidade, retrete, banho ou duche e sistema de esgotos).

Embora ainda existam números algo relevantes de carências habitacionais qualitativas, tendo em conta a dimensão deste país, o sentido é o de haver cada vez melhores condições de habitabilidade, uma vez que estes valores apresentados no parágrafo anterior são todos inferiores aos valores registados no inquérito Censos 2001. Valores que não são relevantes apresentar neste trabalho, importando ficar com a noção de que as condições habitacionais atuais são melhores do que há uma década atrás e, com certeza, continuarão a melhorar.

Para fechar este tema das carências habitacionais, interessa fazer uma breve reflexão acerca da mentalidade que a indústria da construção deve ter para o futuro. Não há necessidade de se construir mais alojamentos, mas sim de: [9]

- Conservar e requalificar o parque habitacional existente, evitando desta forma o aumento do nível de degradação, que pode até atingir patamares irreversíveis;
- Proporcionar níveis mínimos de conforto, cobrindo totalmente as necessidades ao nível das infraestruturas básicas;
- Inverter a lógica atual de segmentação social, lógica esta que consiste na coexistência de famílias em alojamentos sem o nível mínimo exigido, enquanto existem famílias que possuem segundas e terceiras casas e com uma bolsa significativa de alojamentos vagos.

2.2.1.4. A Indústria da Construção e o Ramo da Reabilitação

A indústria da construção tem sofrido um ajuste, direcionando-se mais para a reabilitação. Como se pode verificar nas imagens 2.2 e 2.3, já apresentadas, o ramo da reabilitação tem ganho importância dentro daquela indústria, embora ainda seja o ramo menos produtivo, sobretudo em comparação com a construção nova. Aspeto este que se espera que se reverta no futuro, com o setor da reabilitação a ganhar cada vez mais espaço, ultrapassando até a construção nova. Verifica-se já uma importante diminuição do ramo da construção nova, ramo este que, certamente, continuará a perder influência no futuro. Pode-se constatar este fato analisando a imagem seguinte (os valores para os anos de 2012 a 2015 correspondem a previsões, e não a valores fatuais).

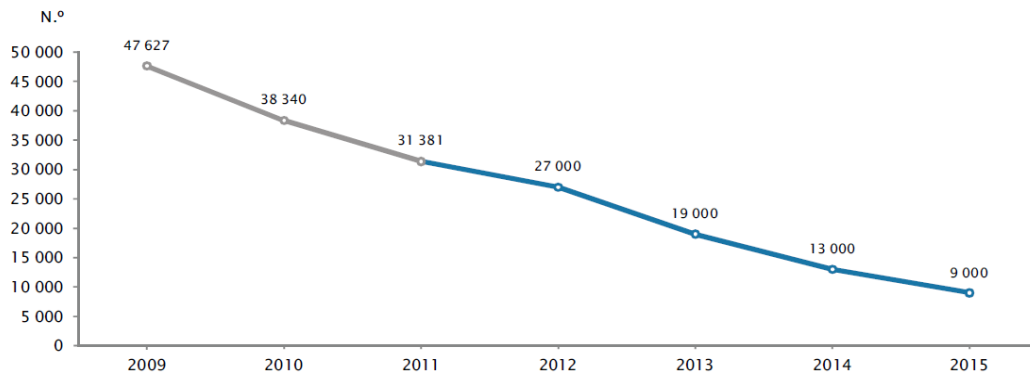


Figura 2.11 – Número de fogos concluídos em obras de construção nova, 2009-2015 [8] [10]

A figura seguinte ilustra a produtividade da indústria da construção no ano de 2011.

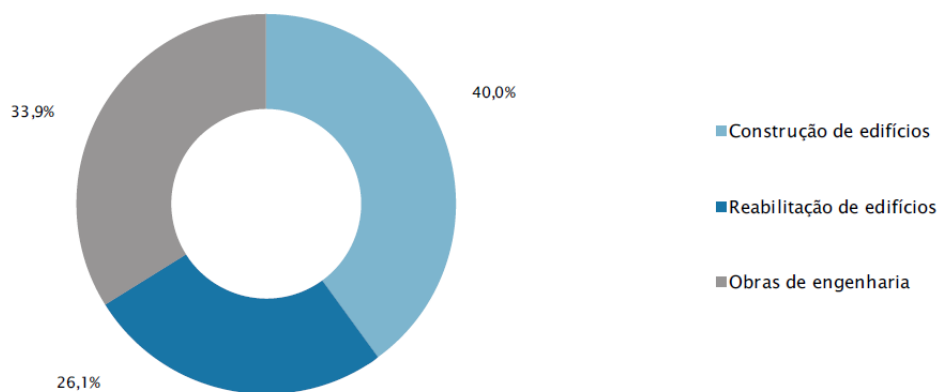


Figura 2.12 – Distribuição da produtividade dos segmentos do setor da construção em Portugal, em 2011 [8]

Como se pode verificar através da figura 2.12, o setor da reabilitação é ainda o menos produtivo dentro da indústria. Contudo, este paradigma vai certamente mudar.

O setor da reabilitação de edifícios compreende essencialmente obras de alteração, de ampliação e de reconstrução. Interessa estudar estas três vertentes, e perceber qual tem sido o seu desenvolvimento.

Unidade: Número

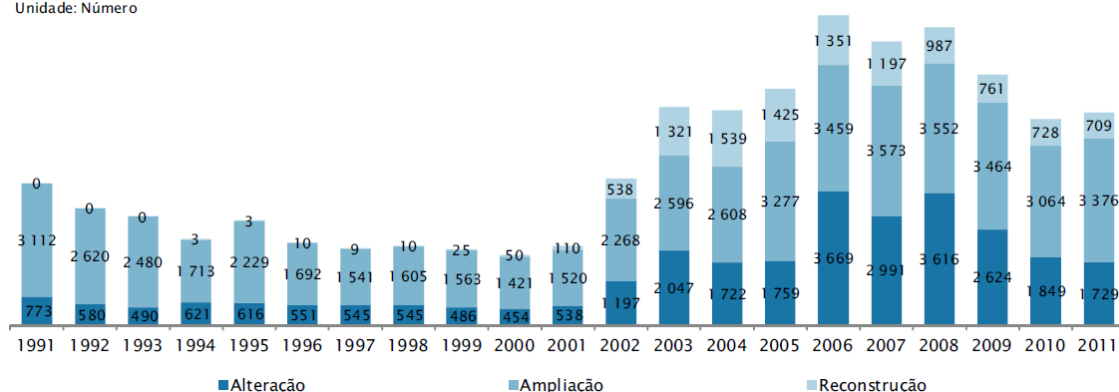


Figura 2.13 – Número de fogos concluídos em obras de reabilitação segundo o tipo de obra [8]

As ações de reabilitação consistiram, maioritariamente, em obras de ampliação, sendo que as obras de alteração também tiveram um peso considerável, principalmente na última década. As obras de reconstrução têm um peso reduzido em comparação com os outros dois tipos, principalmente devido a que, muitas vezes, os custos de uma reconstrução igualam ou até ultrapassam os custos de uma construção nova, optando-se então por esta última via.

2.2.2. PORTUGAL E A EUROPA

Analise-se agora a situação de Portugal, comparativamente ao que se passa na Europa. A figura seguinte ilustra lado a lado a produtividade da indústria da construção portuguesa e também europeia.

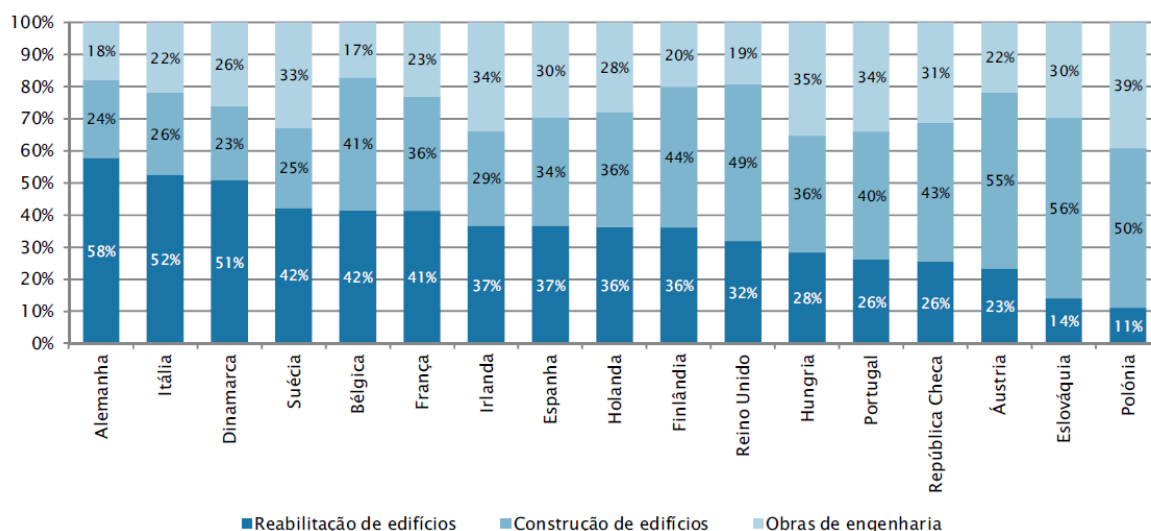


Figura 2.14 – Distribuição da produtividade do setor da construção em países da União Europeia em 2011 [10]

Como já foi referido, o principal segmento do setor da construção em Portugal é o da construção de edifícios. Esta situação difere de alguns países da União Europeia, e membros do Euroconstruct, como a Alemanha, Itália e a Dinamarca, onde o segmento da reabilitação constitui a maior percentagem de produção da indústria da construção.

Realizando agora uma comparação de Portugal com a Europa, mas tendo em conta apenas o segmento da reabilitação, comparação esta que se pode fazer através da seguinte figura.

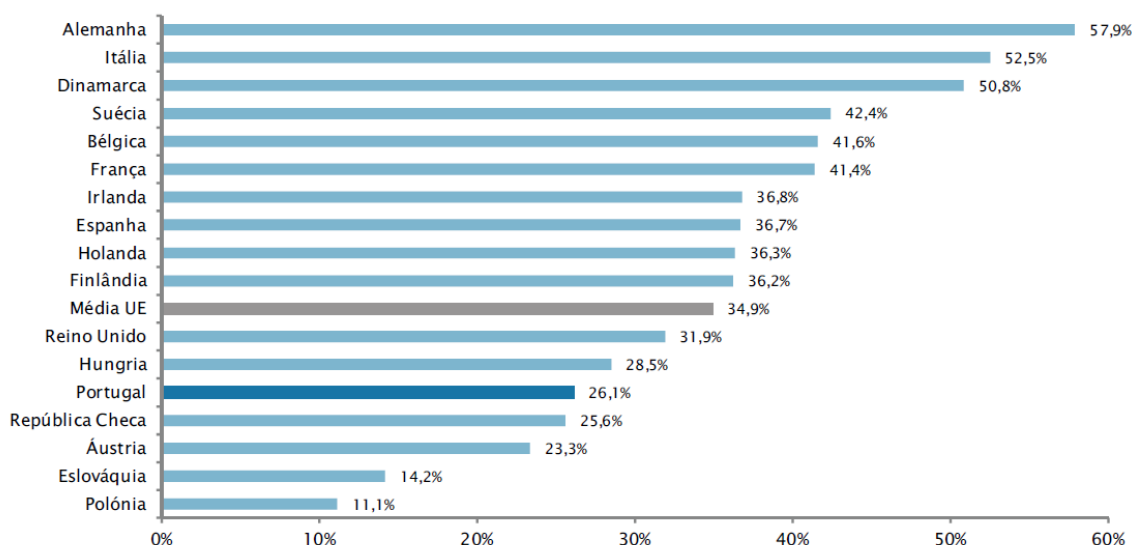


Figura 2.15 – Produtividade do segmento da reabilitação de edifícios em países da União Europeia [10]

Como se pode observar na figura 2.15, Portugal continua a apresentar valores de produtividade no segmento da reabilitação inferiores ao valor médio europeu, que era de 34,9% em 2011. Neste ano, apenas República Checa, Áustria, Eslováquia e Polónia apresentaram valores inferiores aos de Portugal.

Nos países em que o segmento da reabilitação é forte e desenvolvido, como a Alemanha, a Itália e a Dinamarca, há um conjunto de fatores que podem justificar este fato, que são [9]:

- Maiores exigências por parte dos clientes em termos de conforto, segurança e utilização de novas tecnologias;
- Maior estabilidade deste segmento em relação à conjuntura económica;
- Implementação de políticas que tornaram este segmento como estratégico.

No caso de Portugal, constatou-se que o segmento da reabilitação está atrasado em relação à maioria da Europa, isto pode dever-se a [9]:

- Acentuada emigração para as grandes cidades e o êxodo rural, que não potenciam o investimento na reabilitação;
- Estrangulamento do mercado de arrendamento;
- Maior apoio económico por parte do Estado para a aquisição de habitação, do que para o arrendamento e reabilitação;
- Facilidade crescente na obtenção de crédito para aquisição de habitação;
- Descida das taxas de juro;
- Forte tradição nacional de valorização da propriedade;
- Ideia generalizada de que a reabilitação implica um investimento financeiro significativo e corresponde a um produto final com qualidade inferior;
- Falta de capacidade das empresas de construção, principalmente em termos de capacidade técnica e científica e à mão-de-obra especializada.

2.3. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Após realizada toda esta análise sobre a indústria da construção e, especificamente, o segmento da reabilitação, constata-se que Portugal, segundo os dados de 2011, está muito aquém daquilo que seria desejável, estando até abaixo da média Europeia. Contudo, o peso do segmento da reabilitação dentro da indústria da construção tem vindo a aumentar, ainda que lentamente.

É imperativo compreender que a atividade da reabilitação é uma atividade sustentável, pois permite poupar recursos e matérias-primas e ainda há menores emissões de carbono e menores produções de resíduos, em comparação com a construção nova. Este último tema do meio ambiente, sendo um tema que está tanto na ordem do dia, deveria alertar todos os intervenientes da construção e virar o seu foco para o setor da reabilitação.

Para Portugal continuar com este processo de crescimento do setor da reabilitação, é necessário tomar medidas a vários níveis, tais como [11]:

- Promover o abrandamento da construção nova;
- Direcionar a construção para as carências habitacionais qualitativas;
- Centrar atenções para a qualidade e conforto da habitação;
- Aumentar a aposta na requalificação do parque habitacional existente, através de:
 - Maior incidência de programas públicos de recuperação;
 - Reanimar o mercado de arrendamento, para possibilitar a escolha entre comprar e arrendar;
 - Utilização proativa da expansão das residências secundárias, como fator de requalificação das habitações existentes;
 - Tornar as intervenções de reabilitação mais atrativas para os interesses dos principais agentes da construção.

3

ALVENARIA DE TIJOLO COM FACE À VISTA

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As alvenarias de tijolo cerâmico constituem um fator preponderante na construção em Portugal, contudo, a sua evolução é praticamente inexistente, apesar da sucessiva introdução de novos materiais e de novas tecnologias construtivas no setor. A alvenaria de tijolo assume maioritariamente o papel de enchimento de estruturas de betão armado, com recurso a mão-de-obra não especializada e de baixo custo constituindo, por isto, uma das maiores fontes das patologias verificadas nos edifícios.

Em Portugal, a utilização de tijolo com face à vista é geralmente associada a edifícios de qualidade superior, e é considerada uma mais valia no que à durabilidade e aparência diz respeito [12].

Neste tipo de construção, onde o tijolo assume o papel de acabamento final, os erros de projeto e de execução manifestam-se em patologias de uma maneira mais preponderante, dando origem a consequências mais graves. Posto isto, é essencial que em projeto exista uma pormenorização exaustiva das peças desenhadas e escritas, que servirão de guia para a fiscalização e para o empreiteiro na fase de execução. É também indispensável que, durante a execução da obra, tanto nos trabalhos preparatórios como na construção das alvenarias em tijolo com face à vista, sejam cumpridas todas as recomendações do caderno de encargos, de modo a se evitarem os erros que levam ao aparecimento de patologias no futuro.

O projeto é, como já foi referido, uma parte fulcral, sendo aqui descritos todos os “pontos fracos” deste tipo de trabalhos, ou seja, onde eles mais vezes falham. Sendo estes a espessura, as juntas, a distribuição da cor dos tijolos, as condições de apoio na estrutura, a drenagem da caixa de ar, os remates na caixilharia e nas caixas de estore e as características do tijolo a aplicar, como a resistência ao gelo, reduzida expansividade, entre outros [12].

3.2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

3.2.1. O SURGIMENTO DO TIJOLO

É impossível referir com precisão a data de origem do tijolo, visto que este remonta a épocas muito longínquas. No entanto considera-se que a sua origem remonte ao Neolítico, ou seja, por volta de 10 000 a. C. [13]. Neste período da História, o Homem é sedentário, domina já o fogo e vive essencialmente da agricultura e da pecuária. Com a passagem de nómada para sedentário, o Homem começa a preocupar-se cada vez mais em adaptar o meio envolvente a si em vez do contrário, como vinha sendo

recorrente. É neste período que o Homem começa a delimitar os seus espaços e a desenvolver a atividade da construção.

Os tijolos mais antigos de que há conhecimento foram encontrados em Jericó, junto ao Mar Morto, numa das povoações locais. Estes tijolos eram feitos de lama, moldados à mão e secos ao sol, apresentando assim uma consistência superior do que a lama no seu estado habitual. Como se percebe e face aos meios disponíveis na altura, estes tijolos eram bastante irregulares e careciam de grandes quantidades de “argamassa” de lama para os ligar, argamassa esta que era o elo mais fraco deste tipo de construção, principalmente com a ocorrência de precipitação. Este tipo de tijolo possuía a vantagem da resistência face à utilização de lama normal e, face à utilização da pedra, tinha a vantagem da trabalhabilidade, maior abundância de matéria-prima e maior facilidade de transporte. Pode-se afirmar que o tijolo descrito era o meio termo entre dois materiais já existentes.

Dada a crescente carência de pedra e o consequente desenvolvimento do tijolo, que mostrava garantias de ser uma boa solução construtiva para a época, este tipo de construção foi evoluindo. Um dos principais avanços no processo de fabrico destes tijolos foi a introdução de moldes há cerca de 4 000 anos, na Mesopotâmia [14]. O processo de fabrico destes moldes permanece um mistério [13], visto que se considera que estes foram feitos antes da descoberta do ferro, e também devido à grande limitação em termos de ferramentas de pedra existentes na época.

A técnica da utilização de moldes para o fabrico de tijolos dava garantias e chegou rapidamente ao Egito, onde foi aperfeiçoada até ao ponto de se utilizarem tijolos para a construção de pequenos arcos, coisa que nunca foi feito com a pedra até à data.

Nesta época, o panorama era usar a pedra nas grandes construções, como as pirâmides, e usar o tijolo nas habitações menos nobres pertencentes aos trabalhadores, panorama este que se iria inverter gradualmente com o passar do tempo.

A introdução de moldes permitiu tornar o fabrico de tijolos mais rápido e regular. Estes tijolos eram equivalentes ao que hoje se denomina adobe e eram constituídos por lama e palha (figura 3.1). Os moldes utilizados envolviam os tijolos lateralmente, sendo o fundo do molde o chão e a parte de cima aberta, para permitir a secagem ao sol e a remoção do excesso de matéria-prima (figura 3.2). Estes tijolos secos ao sol (principalmente os primeiros) tinham pouca durabilidade quando sujeitos à ação da água, quer sob a forma de precipitação, quer devido a cheias provocadas pela subida dos leitos dos rios.



Figura 3.1 – Tijolos de lama e palha a secarem ao sol [13]

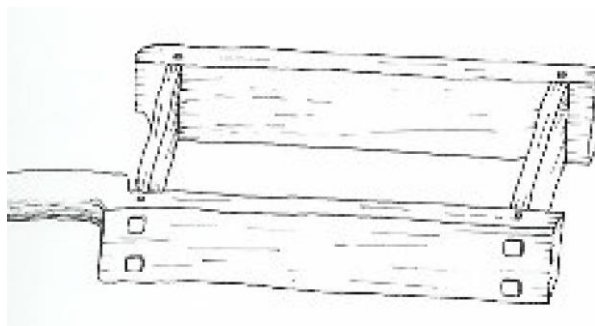


Figura 3.2 – Esquema de molde utilizado pelos egípcios [13]

3.2.2. A DESCOBERTA DO TIJOLO CERÂMICO

O material cerâmico, quando cozido, sofre um grande aumento na sua resistência. Embora este fato seja utilizado há mais de 8 000 anos para o fabrico de outras peças cerâmicas, só começou a ser implementado nos materiais de construção entre 3 100 a. C. a 2 900 a. C.. Pensa-se que esta atividade terá tido origem na Mesopotâmia, pois a necessidade de utilizar materiais mais resistentes era facilmente colmatada, devido à existência de pedra [14].

Como já foi referido, durante alguns milhares de anos esta técnica já era conhecida, mas não era utilizada na produção de tijolos, pois os tijolos de lama eram fáceis de produzir e cumpriam os requisitos da época [13]. O tijolo de lama não necessitava de uma seleção cuidada da matéria-prima, não precisava de nenhuma fonte de energia para além do sol, e qualquer pessoa sem conhecimento específico podia produzi-lo. Já o tijolo cerâmico cozido requeria a escolha de uma argila apropriada para o efeito, requeria um controlo das temperaturas de cozedura, estas situadas entre os 950 °C e os 1 100 °C, pois no caso de temperaturas inferiores obtiam-se tijolos de baixa resistência e no caso de temperaturas serem superiores davam origem a tijolos disformes. Para a produção deste tipo de tijolos era ainda necessária alguma qualificação, pois o tijolo cerâmico cozido era considerado um material de luxo, que apenas se utilizavam em edifícios da realeza.

A utilização do tijolo cerâmico cozido foi se tornando cada vez mais vulgar e o seu fabrico tornou-se num processo industrial bem definido. Inicialmente, este material era apenas aplicado na base dos edifícios, com o objetivo de aumentar a resistência à erosão dos mesmos, provocada pelo escoamento das águas, sendo mais tarde já aplicado em todo o edifício. Existem vestígios de obras notáveis deixados por populações como as da Mesopotâmia e da Babilónia, como os *zigurates* que eram templos que podiam atingir os 55 metros de altura (figura 3.3). Os Babilónios ficaram marcados na História principalmente pelos progressos nas técnicas de coloração, vitrado e moldagem do tijolo (figura 3.4).

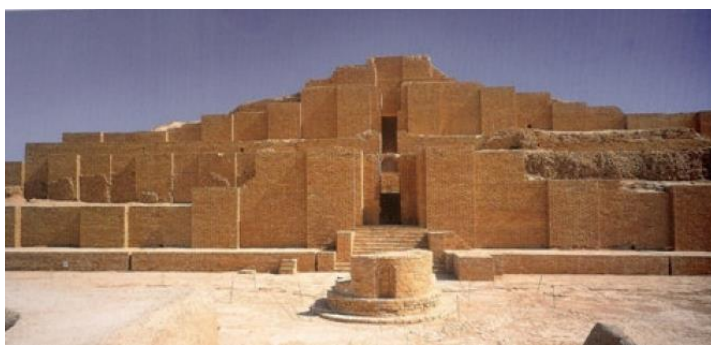


Figura 3.3 – Ruínas do Zigurate de Al-Untesh-Napirisham com 28 metros de altura e 62 m² de base [13]

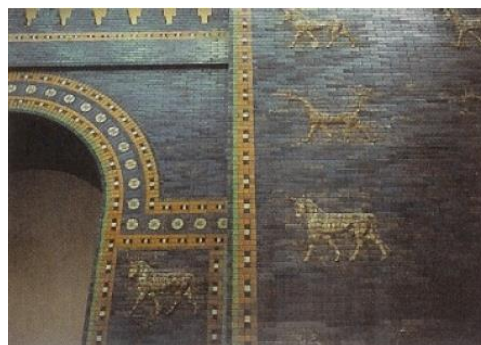


Figura 3.4 - Tijolo no portão Ishtar (64-562 a. C.), Babilónia [13]

O império romano teve uma influência decisiva no desenvolvimento e aplicação do tijolo [14], desenvolvendo a técnica e espalhando-a por todo o império, tendo graças a isto construído obras notáveis. Contudo, existem poucas referências a este material nos escritos de Vitruvius, grupo de 10 livros que falam acerca de arquitetura romana e “o mais primitivo manual de construção que sobreviveu desde a Antiguidade”, sendo a grande maioria das referências apenas relativa a tijolo seco ao sol [13]. Posto isto, levantam-se algumas dúvidas sobre a efetiva difusão do tijolo por parte do império romano. Existem várias teorias para justificar este fato, como a data das escrituras (julga-se ser entre 20 e 30 a. C) ser anterior à grande utilização do tijolo cerâmico ou a eventual desconfiança no material por parte de Vitruvius. A maioria dos autores baseiam-se nos escritos de Vitruvius, deixando por isto também de

lado o tijolo. A única prova da sua utilização massiva acaba por se resumir ao grande legado de obras romanas em tijolo que foram sendo descobertas.

No século II d. C., a indústria de produção e comercialização do tijolo era já uma das mais importantes do império romano. Foram surgindo avanços técnicos que melhoraram a qualidade do produto, como a introdução de areia para minimizar a retração da argila durante a cozedura, o refechamento das juntas de forma plana ou côncava e a diversificação da produção, incluindo tijolos ocos e curvos. Começaram também a surgir tijolos com dimensões e designações definidas e fornos com características específicas para a sua cozedura. Neste período, começou-se novamente a utilizar o tijolo com face à vista (já eram utilizados inicialmente, mas devido à incapacidade técnica para aplicar revestimentos eficientes) com fins decorativos, visto que nesta altura, já se aplicavam revestimentos de estuque primitivo e de pedra.

O tijolo, que era utilizado apenas como elemento de construção estrutural até então, encontrou um forte rival: o betão. Os romanos utilizavam cal para produzir betões que utilizavam para a construção de paredes, usando tijolos cortados ao meio ou em triângulos como revestimento exterior daquelas, reproduzindo assim uma parede com tijolo de face à vista. O tijolo inteiro era apenas usado para construir cercas ou como agregado a incluir na produção do betão, sendo nesta altura difícil encontrar paredes constituídas exclusivamente por tijolo. Este fato pode-se verificar através de grandes obras romanas, como o Coliseu ou o Panteão, que possuem muito tijolo, mas sempre utilizado como material auxiliar, sendo o betão o material principal.

O Oriente, mais especificamente a China, teve também um papel importante no desenvolvimento da produção e utilização do tijolo, papel este que parece ter sido independente do desempenhado pelo Ocidente. Aqui, os tijolos cozidos eram assentes a seco ou com lama, fator que levou a que se desenvolvessem sistemas de encaixe nos tijolos com o intuito de conferir maior estabilidade às construções. Foram criados diversos sistemas de encaixe, sendo que na maioria se formavam espaços ocos, aligeirando as construções, tornando-as por isso mais económicas.

Assim como o império romano, existiram outros impérios que expandiram a técnica de fabrico e de utilização do tijolo. Este era um material usado cada vez mais em edifícios de culto religioso.

A partir do século X, o tijolo globalizou-se e foi-se difundindo por todo o mundo civilizado. Aqui importa destacar a Ásia, que não tinha sofrido ocupação romana, e a Itália, que se manteve na vanguarda da tecnologia de tijolos. O norte da Europa permaneceu um pouco atrasado e apenas começou a utilizar significativamente o tijolo a partir do século XII. Este material assumiu relevância tal que todas as grandes catedrais e palácios eram construídos em tijolo, havendo muitos exemplos de edifícios que resistiram ao passar do tempo mantendo a sua beleza de outrora. Entre muitos outros, podem-se referir os Templos de Badan na Birmânia, que se estima que sejam cerca de 2 000 (figura 3.5), ou a enorme Catedral de Roskilde, que é constituída por três milhões de tijolos (figura 3.6). Nesta época ocorreu um grande aumento do poder das religiões na sociedade, o que levou à construção de muitos edifícios de culto, a grande maioria deles em tijolo.



Figura 3.5 - Templos de Badan, na Birmânia [13]

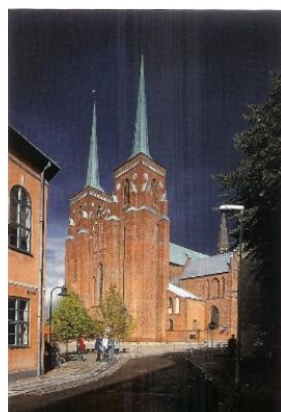


Figura 3.6 - Catedral de Roskilde, ilha de Zelândia na Dinamarca [13]

A partir do século XV, há dois países na Europa que se destacaram dos restantes, no capítulo de obras de tijolo com face à vista. Um foi a Itália, que já possuía uma tradição na área, e o outro foi a Inglaterra, principalmente devido a um incêndio de grandes proporções, ocorrido em 1666 e que durou quatro dias, consumiu cerca de 13200 casas e 87 igrejas na cidade de Londres, cidade esta que era velha e construída essencialmente em madeira e que foi posteriormente reconstruída em tijolo.

Na América do Norte, o tijolo foi introduzido através de colonos que levaram as técnicas dos seus países. Julga-se que os espanhóis foram os pioneiros na utilização do tijolo na ilha de Hispaniola, que foi descoberta em 1492 por Cristóvão Colombo. Rapidamente os colonizadores começaram a produzir e a utilizar o tijolo em terras americanas, sendo algumas das obras em tijolo mais antigas da América do Norte sido realizadas por colonos holandeses e britânicos.

3.2.3. O DECLÍNIO E O RENASCIMENTO DO TIJOLO COM FACE À VISTA

No final do século XVIII, o tijolo deixou de ser um material reservado às elites e passou a ser acessível a todos os estratos sociais, sendo na altura o principal material de construção de alvenarias. Este novo paradigma conduziu ao desinteresse da alta sociedade pelo tijolo, começando a procurar-se outras alternativas. Foi nesta altura que ocorreram grandes desenvolvimentos nos revestimentos exteriores de paredes e os edifícios de maior relevância começaram a ter revestimentos em estuque nas suas paredes de tijolo, revestimentos estes que apenas no século XIX se mostraram capazes em termos de durabilidade. Começou a aumentar o interesse pelas superfícies lisas e pelos trabalhos ornamentais, que eram possíveis realizar devido ao surgimento de argamassas cada vez mais sofisticadas.

Este declínio do interesse no tijolo registado na Europa não se fez sentir nos Estados Unidos da América, país recentemente formado. Pelo contrário, houve até a necessidade de se construírem edifícios de referência com inspiração europeia, como a rotunda da Universidade de Virgínia (figura 3.7), que foi inspirada no Panteão de Roma, e concebida pela mão de Thomas Jefferson, que era um estadista culto e com vastos conhecimentos onde se incluía a arquitetura. Nesta altura, a utilização do tijolo com face à vista era elitista, como em tempos havia sido na Europa.

No século XIX, aquando da revolução industrial a produção do tijolo foi impulsionada novamente, agora mecanizada, mais barata e com maior procura devido ao aumento da população. Aliado a isto, esteve a descoberta do cimento portland, que conferiu maior eficiência e durabilidade às alvenarias de tijolo. Com a forte capacidade de resposta obtida com a industrialização, o tijolo voltou a ser massivamente

utilizado, tanto em edifícios habitacionais, como também em armazéns industriais devido ao fato de ser incombustível.

Em Espanha, que era um país com uma reconhecida tradição de utilização de tijolo, o habitualmente revestido tijolo dava agora lugar ao tijolo com face à vista em algumas construções, com alguma influência do excêntrico arquiteto Antoni Gaudi. Esta nova vida do tijolo com face à vista, acompanhada pelo desenvolvimento industrial, foi também notória nos Estados Unidos da América, onde se destacaram Frank Lloyd Wright e Henry Hobson Richardson com obras importantes como a Universidade de Harvard (figura 3.8), por Richardson.



Figura 3.7 - Rotunda da Universidade de Virgínia [15]



Figura 3.8 - Universidade de Harvard [15]

3.2.4. O SÉCULO XX

Campbell defende que a ideia de que o aparecimento do betão e do aço como materiais de construção conduziu a um novo declínio na utilização de tijolo é falsa [13]. Esta posição por parte do autor é discutível, pois este usa como argumento os edifícios do início do século, como o edifício Chrysler de 1930 (figura 3.9), que tem 319 metros de altura e rivaliza com muitos arranha-céus de aço e vidro. A qualidade do material continua a ser reconhecida, contudo a necessidade de se construir cada vez mais alto e mais rápido leva a que os edifícios mais relevantes sejam construídos com outros materiais. No entanto, o tijolo continua a ser muito utilizado em muitos países durante este século. Importa ainda destacar outros países com tradição em construções de tijolo com face à vista como a Holanda, com a sua Escola de Amesterdão (figura 3.10), e a Dinamarca, com obras importantes como a Grundtvigkirke (figura 3.11).



Figura 3.9 - Edifício Chrysler [13]



Figura 3.10 - Escola de Amesterdão [15]



Figura 3.11 – Grundtvigkirke, Copenhaga, obra do arquiteto Peder Jensen-Klint, terminada em 1940 [13]

3.2.5. A EVOLUÇÃO DA ALVENARIA DE TIJOLO EM PORTUGAL

Ao analisar-se a evolução das técnicas construtivas em Portugal ao longo da História, facilmente se conclui que se trata de uma questão geográfica, ou seja, tal evolução está diretamente ligada à disponibilidade de matérias-primas [16]. Esta situação ainda se verifica atualmente em algumas regiões do país, devido a fatores económicos e culturais. É, por isto, impossível descrever a evolução das técnicas de construção do edificado com precisão, sendo este capítulo mais focado na evolução verificada em Lisboa, capital do país e local de vanguarda tecnológica nacional.

“Assim, o que se dirá refere-se a edifícios que, no mínimo, terão cerca de 50 anos de idade e que, com alterações relativamente pouco significativas, mantêm as características genéricas do que foi a construção de edifícios nos séculos anteriores, nomeadamente até ao século XVI, época a que correspondem, de forma e em número ainda significativo, os mais antigos dos edifícios correntes ainda existentes” [16]. Com isto, o autor pretende transmitir que não houveram alterações significativas nas tecnologias construtivas até meados do século XX. Neste período, os edifícios eram essencialmente formados por alvenarias resistentes de pedra e/ou tijolo e pisos de madeira. O tijolo com face à vista também foi utilizado no século XX, mas quase exclusivamente em edifícios industriais, dos quais alguns ainda subsistem, ou que sofreram uma alteração de uso, como por exemplo estacionamento (figura 3.12), restaurantes (figura 3.13) ou até mesmo museus, como o Museu da Eletricidade (figura 3.16), que inicialmente era uma central termoelétrica em 1919.

O tijolo era muito usado em edifícios industriais devido à sua elevada resistência ao fogo, e também pela dificuldade que havia em executar alvenarias de pedra com grandes alturas, pequenas espessuras e com a ausência de um sistema de contraventamento eficaz e seguro. Outro bom exemplo da utilização do tijolo estar destinada a edifícios elitistas, como já foi referido anteriormente, é a Praça de Touros do Campo Pequeno, inaugurada em 1892 (figura 3.15). Nesta altura, basicamente não existia utilização de tijolo com face à vista em edifícios habitacionais, sendo toda a alvenaria de tijolo destes edifícios revestida. Na primeira metade do século XX, a alvenaria de tijolo era executada em conjunto com a pedra. Apenas por volta dos anos 30 a 40 a pedra perdeu definitivamente a “luta” para o tijolo. A partir deste período, começou a surgir a construção de lajes de baixa qualidade, apoiadas em paredes resistentes de tijolo. Foi a partir desta tipologia construtiva que se começou a implementar o betão armado.



Figura 3.12 - Antigo terminal rodoviário convertido em estacionamento [15]



Figura 3.13 - Restaurante em edifícios industriais antigos nas docas de Lisboa [15]



Figura 3.14 - Alvenarias de pedra reforçada com tijolo a funcionar como lintel [16]



Figura 3.15 - Praça de Touros do Campo Pequeno, inaugurada em 1892 [15]



Figura 3.16 - Museu da Eletricidade [15]

Em casos de grandes vãos, sujeitos a cargas muito elevadas e sendo impossível utilizar madeira nestas situações, utilizava-se o tijolo na construção dos tetos e pavimentos. O mesmo acontecia em vãos de caves ou pisos que sofriam ações devidas à humidade proveniente do solo, sendo a madeira substituída por arcos e abóbadas. Inicialmente, estes arcos eram executados em pedra talhada, passando posteriormente a usar-se o tijolo cerâmico maciço, devido à maior facilidade de obtenção de peças com formas bem definidas e que possuísssem resistência à compressão, que permitisse a execução daqueles arcos em vãos de maior extensão. Este foi o papel mais importante que o tijolo desempenhou até ao surgimento do betão armado, sendo também utilizado nos vãos de janelas e portas como reforço das ombreiras (figura 3.14), ou em casos de necessidade de se executarem paredes menos espessas, como por exemplo no caso da existência de platibandas. A total implementação em Portugal do tijolo como principal material de execução de alvenarias ocorreu mais tarde do que na maioria dos outros países da Europa.

A pouca relevância do tijolo no final do século XIX e início do século XX pode ser confirmada através da consulta da obra de Segurado (1908), “Alvenaria, Cantaria e Betão” [67]. No que à execução de alvenarias diz respeito, apenas há referência a alvenarias de pedra, de taipa e de betão primitivo que utilizava cal como ligante. Contudo, o *tejolo* é referido algumas vezes conjuntamente com as telhas, que

quando usadas como *cacos*, ajudam na execução das alvenarias. Nas descrições feitas das paredes exteriores de alvenaria surgem novamente referências ao *tejolo*, mas sempre num plano secundário e somente através de breves comentários. Nestas descrições anteriormente referidas é criticada e posta em causa a utilização de argamassa no assentamento, devido à sua menor resistência. Esta pode ser uma das razões que levou à falta de interesse no tijolo, uma vez que este se assenta sempre com argamassa. A seguir existe um capítulo intitulado “Paredes e muros de *tejolo*”, onde são descritas as técnicas de aplicação e sistemas de execução, mas onde raramente são designadas por alvenarias. São apresentados alguns modelos de aplicação, mas nunca diretamente relacionados com a sua aplicação real, como foi feito com a alvenaria de pedra. Nesta obra, podem-se encontrar várias afirmações que referem que o tijolo nunca era utilizado como único material de construção de alvenarias, e que raramente era utilizado em paredes com função estrutural, como por exemplo estas: “Paredes de maior espessura de *tejolo* são pouco vulgares entre nós e por isso nos abtemos de apresentar mais exemplos.” e “(...) entre nós não se emprega de ordinário o *tejolo* para paredes muito grossas; neste caso faz-se alvenaria *mista*: exteriormente *tejolo* envolvendo alvenaria ordinária”. Existem também outras afirmações que comprovam a maior importância da pedra em detrimento do tijolo, como: “a pedra é um dos materiais que mais largo uso encontra na construção civil (...)”, “além da pedra propriamente dita temos de considerar o emprego da taipa ou terra amassada, dos adôbos e das pedras artificiais, de que o *tejolo* e o betão são os principais tipos”, “(...) pilares de *tejolo*, (...) são *quási* sempre rebocados e estucados para imitar cantaria”.

Nesta obra existe uma breve referência ao tijolo com face à vista: “no assentamento do *tejolo* devemos considerar dois casos: ou o *tejolo* fica à vista ou não. No primeiro caso tem que ser cuidadosamente escolhido, pondo-se de lado todos os *tejolos* fendidos, partidos, mal cozidos, queimados, os que tenham dimensões maiores ou menores que os normais, etc. (...) Se a parede é para rebocar, todo o *tejolo* serve e nem mesmo é preciso regularizar as juntas pois a sua aspereza facilita a aderência do reboco.” Aqui reforça-se a necessidade de maior controlo da qualidade na aplicação de tijolo com face à vista.

Gaspar Neto afirma que o tijolo vai-se afirmando gradualmente até à generalização do uso do betão armado, que veio retirar importância às paredes interiores estruturais, passando estas a serem panos de enchimento constituídos por tijolo furado. Até ao surgimento de estruturas dimensionadas exclusivamente em betão armado, as paredes exteriores de alvenaria de tijolo e/ou pedra suportavam a maior parte dos esforços que a estrutura transmite piso a piso até ao solo. Após a existência das referidas estruturas anteriormente dimensionadas em betão armado, o tijolo passou a ser quase o único material utilizado na execução de alvenarias, maioritariamente furado, rebocado e sem funções estruturais. Como é possível verificar através das edificações atuais, o tijolo com face à vista nunca se impôs em Portugal, podendo esta falta de interesse neste tipo de construção ser devida a questões culturais.

Ao recuar um pouco mais no tempo, encontra-se aquele que pode ter sido o principal obstáculo à afirmação do tijolo maciço, também utilizado à vista, o grande sismo de 1755 em Lisboa. Este foi um grande marco na evolução tecnológica da construção e também na mentalidade da população portuguesa. Após o sismo, era necessário reconstruir rapidamente a cidade. Com um cenário de total destruição, a opção tomada foi a de construir os novos edifícios simultaneamente com a limpeza dos destroços, sendo alguns destes aproveitados nas novas construções, principalmente a pedra que era o único material que continuava apto para ser aplicado. Surgiu assim uma nova cidade, mas novamente em alvenaria de pedra. O medo de este cenário se voltar a repetir levou a um maior rigor construtivo e também a novas preocupações, como por exemplo a ductilidade das estruturas. Para este requisito específico, passou-se a embutir as gaiolas pombalinas pelo interior nas alvenarias. Neste ponto, a pedra ganhava novamente terreno ao tijolo, pois devido à sua irregularidade e aplicação com espessuras elevadas facilitava o processo, ao contrário do tijolo, que era habitualmente aplicado de forma alinhada

e bem delineada. A figura seguinte ilustra a evolução da alvenaria em Portugal, onde se pode concluir que o tijolo maciço (incluindo o tijolo com face à vista) deixou de ser utilizado após o aparecimento do tijolo furado.

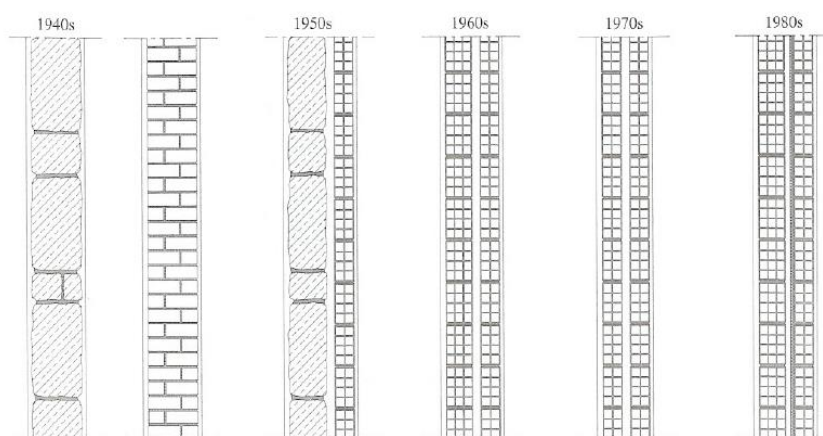


Figura 3.17 – Evolução da alvenaria em Portugal [15]

3.3. SITUAÇÃO ATUAL DO TIJOLO COM FACE À VISTA

3.3.1. NO MUNDO

As metodologias de execução de alvenarias possuem uma maior especificidade fora de Portugal, principalmente no norte da Europa e nos Estados Unidos da América [17].

O caso da alvenaria em tijolo com face à vista é um dos poucos casos de construção de alvenarias em Portugal que requer um nível superior de rigor de execução. O mesmo não sucede no caso do tijolo furado, pois todas as possíveis imperfeições serão passíveis de ocultação através da aplicação de revestimentos, não afetando a qualidade do aspeto final das paredes.

3.3.1.1. Reino Unido

No Reino Unido é frequente assistir-se a colaborações entre entidades ligadas à indústria cerâmica e ao seu desenvolvimento e investigação. Verifica-se que a utilização do tijolo com face à vista em Inglaterra e a não utilização em Portugal resultam de questões históricas, tais como [18]:

- A produção de tijolos é feita através de moldagem em vez de extrusão, o que resulta na progressiva menor produção de unidades de baixa densidade, como o tijolo furado utilizado em Portugal;
- O tijolo com face à vista é um material cujo aspeto final é muito valorizado, especialmente nos edifícios de habitação;
- Ao contrário do que acontece no sul da Europa, o tijolo tem tido funções estruturais, sendo por isto mais utilizado o tijolo maciço ou de furação vertical, pois possuem maior resistência do que o tijolo furado;
- A partir de 1930 surgiu o sistema de parede dupla, que era inicialmente executado com ambos os panos em tijolo, sendo a partir dos anos 70 os panos interiores realizados com blocos de betão. Estes blocos são muito produzidos no Reino Unido, são baratos e cumprem as exigências estruturais do UK Building Control Officers.

3.3.1.2. Espanha

Espanha é um país que interessa analisar devido às suas proximidades geográficas com Portugal. Neste país, o tijolo com face à vista utiliza-se essencialmente em vivendas, sendo a sua função de enchimento e não estrutural, pois as estruturas são maioritariamente porticadas e em betão armado. O tijolo com face à vista e o tijolo furado são duas soluções de execução de alvenarias distintas mas ambas viáveis, ambas têm vantagens e desvantagens e ambas são utilizadas em Espanha. O tijolo com face à vista é utilizado por toda a Espanha, não havendo uma zona específica com este tipo de material [18].

3.3.1.3. Outros países europeus

Em países como a Alemanha, Itália, Bélgica, França e Países Baixos, o tijolo com face à vista tem um uso comum. No caso da Alemanha, usam-se os chamados “clinkers”, que são tijolo com face à vista cozidos a temperaturas mais altas, de modo a atingirem um estado mais próximo da vitrificação da superfície, obtendo-se maior resistência aos agentes agressores e às infiltrações de água [19]. Em França e na Alemanha, a utilização do tijolo com face à vista é mais concentrada, sendo mais frequente em França na zona norte e nos arredores da capital Paris, e na Alemanha é mais habitual também no norte, em ambos os países verifica-se esta utilização em pequenos edifícios de habitação [19] [20].

A Itália tem um grande legado em utilização de tijolo com face à vista, continuando este a ser um material utilizado na realização de panos exteriores de alvenarias [21].

Na Bélgica e nos Países Baixos, o tijolo cerâmico é o material mais utilizado em panos exteriores de paredes, como se pode verificar na figura 3.18 e no quadro 3.1.

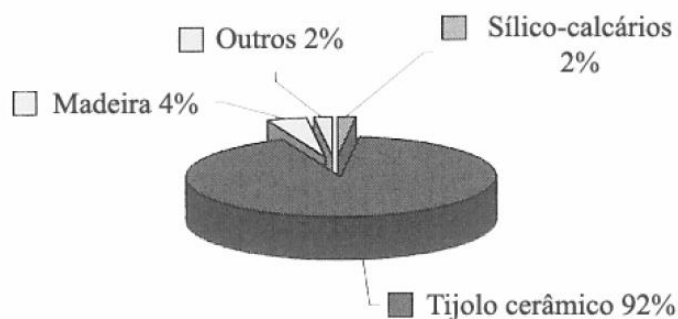


Figura 3.18 – Materiais utilizados em panos exteriores de alvenaria nos Países Baixos [22]

Tabela 3.1 - Materiais utilizados em panos exteriores de alvenaria nos Países Baixos por ordem decrescente de importância [22]

Bélgica	Países Baixos
Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico
Tijolos e blocos de betão	Tijolos de betão
Tijolos sílico calcários	Tijolos sílico calcários
Blocos de pedra natural	

Não é especificado se se referem exclusivamente a tijolo com face à vista, mas assume-se que este constitui uma percentagem significativa do tijolo cerâmico utilizado.

3.3.1.4. Estados Unidos da América

Os países que já utilizavam o tijolo com face à vista até finais do século XX, continuam a fazê-lo atualmente. Nos E. U. A. o tijolo com face à vista continua a ser um material competitivo e muito utilizado, pois há bastante matéria-prima, com qualidade, e também mão-de-obra qualificada para a sua correta aplicação. O tijolo com face à vista é um material muito decorativo e permite um grande número de utilizações, criando-se fachadas tais que seriam impossíveis com qualquer outro material. Neste país, o tijolo com face à vista assume funções estruturais e de enchimento. Outra diferença em relação a Portugal é que existe uma maior variedade de tipos de tijolo, dos quais se destaca o de grandes dimensões (16"x8") e com furação vertical, que geralmente é aplicado em panos simples [18].

Acrescenta-se a isto o fato de o tijolo com face à vista ser um material que promove a construção sustentável. Este é constituído por materiais naturais, tem maior longevidade, não produz resíduos nocivos para o meio ambiente, tem custos reduzidos de manutenção e é um ótimo isolante acústico e térmico. Outro fato interessante é o de que, nos E. U. A., os edifícios que são feitos em tijolo com face à vista têm um seguro mais baixo, pois são mais resistentes ao fogo, aos sismos e à ação do vento [18].

3.3.1.5. China

Como é sabido, a China é um país que tem uma mentalidade e uma cultura muito próprias. Verifica-se que a alvenaria de tijolo, quer seja com face à vista ou não, tem alguma importância no ambiente construído chinês, embora tenha vindo a perdê-la, contrariamente ao que se verifica na maior parte dos países da Europa, com o intuito de um desenvolvimento mais sustentável. São apontados como inconvenientes no fabrico deste material a destruição da topografia, a necessidade de utilização de meios de transporte pesados e o excessivo consumo de energia [23].

Têm vindo a ser desenvolvidas várias pesquisas à cerca da alvenaria estrutural e de alternativas ao tijolo cerâmico. Na China, são utilizados como materiais alternativos, o xisto e resíduos de centrais de produção de energia que utilizam carvão mineral (*gangue* e *fly-ash*), sendo que estes últimos possuem características mecânicas inferiores às do tijolo cerâmico. Visto que se trata de um material alternativo e algo desconhecido pela maioria, importa fazer uma breve síntese das suas propriedades, como é possível observar nos quadros 3.2 e 3.3.

Tabela 3.2 – Resultados de testes comuns a tijolos com diferentes percentagens de cinza de carvão (adaptado de [24])

Cinza de carvão [%]	Retração a seco [%]	Temperatura de cozedura [°C]	Retração por cozedura [%]	Absorção de água [%]	Peso por unidade de volume [kg/cm ³]	Perda por cozedura [%]
0	1,30	750	0,33	15,53	1793	8,21
0		850	0,35	15,41	1827	9,90
0		950	0,40	15,33	1867	12,07
40	1,32	750	0,27	20,63	1443	5,82
40		850	0,29	19,49	1463	6,63
40		950	0,47	20,06	1491	7,77
50	0,93	750	0,28	21,49	1374	5,30
50		850	0,55	20,28	1375	5,47
50		950	0,56	20,47	1379	6,05
60	1,01	750	0,29	21,33	1312	5,20
60		850	0,66	21,63	1355	5,25
60		950	0,68	21,52	1372	5,93

Tabela 3.3 – Resistência à compressão de tijolos após ensaios de resistência ao congelamento e ação cal-magnésio (adaptado de [24])

Temperatura de cozedura [°C]	Cinza [%]	Força de compressão [kg/cm ²]		
		Tijolos originais	Após teste de congelamento	Após teste prejudicial de cal-magnésio
750	0	205,52	192,23	189,73
	40	94,57	86,31	83,07
	50	69,40	62,38	60,03
	60	60,43	-	-
850	0	264,12	263,12	252,62
	40	117,83	110,61	107,31
	50	84,93	75,61	70,70
	60	61,58	-	-
950	0	452,47	334,36	364,56
	40	163,68	154,42	148,56
	50	109,13	108,1	100,6
	60	102,35	82,48	70,70

Estes materiais apresentados podem perfeitamente ser utilizados no fabrico do tijolo com face à vista, pois o produto final é visualmente idêntico aos que se encontram em Portugal e também no resto da Europa [23].

3.3.1.6. Brasil e Índia

É nos Estados Unidos da América e na Europa que existe maior desenvolvimento e rigor na execução de alvenarias, quando comparados com o resto do mundo. No caso do Brasil e da Índia, que são países de grande dimensão, existe uma grande variedade nas alvenarias, quer na qualidade, quer no tipo de execução, e também na produção de materiais, refletindo assim a realidade socio-económica que apresenta uma grande heterogeneidade.

Além de ser um dos maiores produtores de revestimentos cerâmicos a nível mundial, no Brasil não se utiliza o tijolo com face à vista. Este revestimento exige um nível superior de qualidade nos materiais e nos executantes e, no Brasil, a construção tem um défice de regulamentação, que tem como consequência a frequente baixa qualidade de execução dos trabalhos [25].

No caso da Índia, existe uma grande variedade de tipos de alvenaria e da qualidade de execução. Além de ser um país muito extenso em termos de área, apresenta condições climáticas muito variadas e até extremas, requerendo assim métodos de construção específicos. O tijolo cerâmico, desde o seu nascimento, possui uma grande tradição de utilização no país. Utiliza-se o tijolo com face à vista, e também até paredes de lama e de pedra, mas não com o nível de rigor usado na Europa. A situação do

tijolo com face à vista na Índia não pode ser utilizada como referência para Portugal devido às demasiado diferenciadas condições sociais e climáticas. A Índia utiliza maioritariamente o tijolo com face à vista com funções estruturais, algo que não sucede em construções com o nível de qualidade estética verificado na Europa ou nos E. U. A. [26].

3.3.2. EM PORTUGAL

Portugal não tem um grande histórico em utilização de tijolo com face à vista. Um dos motivos que pode conduzir a isto é o fato de a mentalidade na indústria da construção ser muito conservadora no que toca à introdução de novos materiais e também de novas técnicas, sendo o material mais utilizado para a execução de alvenarias o tijolo furado, que constitui cerca de 90% da aplicação em Portugal, em construção nova [27].

Analisando a figura 3.19, que se baseia nos dados recolhidos pelo inquérito realizado pelo INE, o Censos 2011 já utilizado no Capítulo 2, observa-se que o revestimento “líder” é o reboco tradicional ou marmorite, que constitui 84% dos revestimentos utilizados em edifícios construídos de 2001 a 2011 em Portugal. O tijolo com face à vista está inserido no grupo “Outros”, que representa apenas 0,6%. Olhando para as décadas anteriores verifica-se que estes valores não sofreram grandes variações, o que reforça a ideia já referida do conservadorismo existente na indústria da construção em Portugal.

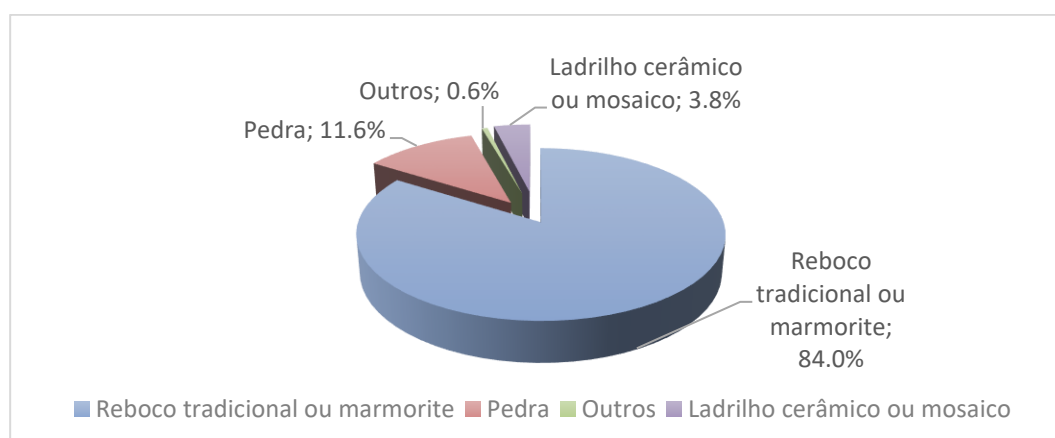


Figura 3.19 – Materiais de revestimento de edifícios construídos entre 2001 e 2011 [8]

Em Portugal há uma empresa que fabrica tijolo com face à vista que se destaca, a Cerâmica de Vale da Gândara, líder nacional muitos anos consecutivos na produção daquele material. Esta empresa está incorporada, desde 2007, no Grupo Cerâmico Espanhol La Paloma, que é líder do mercado ibérico. No final do século XX houve uma tentativa de impulsionar a utilização do tijolo com face à vista em Portugal, por parte de duas empresas espanholas, a MAS e a Fojo, empresas estas que viriam a encerrar portas no início do século XXI. Alguns anos mais cedo, surgiu então a Cerâmica Vale da Gândara apostando forte no tijolo com face à vista, especializou-se na área tentou desde logo transmitir todas as potencialidades do material e aperfeiçoar a aplicação do mesmo. Este trabalho traduz-se em documentos técnicos e informativos que podem ser parcialmente consultados no *site* oficial da empresa [28].

3.3.2.1. Legislação Aplicável

A legislação afeta ao setor da construção ultrapassou já a sua fase de transição, estando agora numa situação mais estável. O trabalho desenvolvido durante várias décadas começou a “dar frutos” e está nas mãos dos estados membros da União Europeia dar seguimento ao que já foi feito, nomeadamente ao que aos Eurocódigos diz respeito. No caso particular da alvenaria, Portugal tem vindo a atualizar-se no passado mais recente, relativamente às normas europeias.

Obter uma standardização das normas europeias do tijolo é um objetivo perseguido já há décadas, havendo vários obstáculos no seu caminho. Desde já, o primeiro obstáculo e talvez o mais difícil de ultrapassar, é o fato de existirem nove línguas oficiais na Europa, havendo muitos termos técnicos que são de tradução imediata impossível. É necessário homogeneizar todas as terminologias, métodos, materiais e requisitos exigenciais [29]. A existência de uma legislação mais uniforme no setor da construção e engenharia permite abrir os horizontes e uma maior facilidade de intercâmbio de profissionais da área entre os diferentes países da União Europeia.

No que respeita à legislação europeia, desde 2006 que os Eurocódigos coexistem com os regulamentos nacionais. Foi este o plano traçado nos anos 70 para o desenvolvimento dos Eurocódigos, tendo estes surgido em 1984. Nos anos 90, a publicação dos Eurocódigos, em forma de ENV, passou a ficar a cargo do CEN (European Committee for Standardization). A transição das ENV para as EN (European Norms) iniciou-se em 1998.

Em Portugal, não existe uma legislação específica relativa a estruturas de alvenaria, não se tratando neste caso de uma homogeneização, mas sim de conceitos maioritariamente novos. O Eurocódigo 6 trata das exigências em termos de resistência, utilização e durabilidade das estruturas e divide-se em quatro partes:

- NP EN 1996-1-1:2005+A1:2012 – Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria – Parte 1-1: Regras gerais para estruturas de alvenaria armada e não armada [30];
- NP EN 1996-1-2:2005 – Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria – Parte 1-2: Regras gerais – Verificação da resistência ao fogo [31];
- EN 1996-2:2006 – Eurocódigo 6 – Conceção de estruturas de alvenaria – Parte 2: Conceção, seleção de materiais e execução de obras de alvenaria [32];
- EN 1996-3:2006 – Eurocódigo 6 – Conceção de estruturas de alvenaria – Parte 3: Métodos de cálculo simplificados para estruturas de alvenaria não reforçadas [33].

Os Eurocódigos assumem uma grande importância pois, para além de homogeneizarem o setor, permitem aos países menos desenvolvidos evoluírem tecnicamente. No caso das alvenarias isto é benéfico, uma vez que Portugal é menos desenvolvido neste capítulo, comparativamente aos outros países europeus.

Olhando agora para a legislação existente em Portugal relativa a elementos cerâmicos de alvenaria foi modificada em 2012, através do lançamento da NP EN 771-1:2011+A1:2016 [34]. Esta norma intitula-se “Especificações para unidades de alvenaria. Parte 1: Unidades cerâmicas (tijolos cerâmicos)” e inclui as características e requisitos funcionais para unidades cerâmicas destinadas à execução de alvenarias, podem ser à vista ou rebocadas, estruturas de alvenaria com e sem funções estruturais, paredes divisórias e tabiques. Esta norma é complementada pelo seguinte conjunto de normas que definem os métodos de ensaio para avaliar cada parâmetro:

- NP EN 771-2:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 2: Unidades sílico-calcárias (blocos sílico-calcários) [35];

- NP EN 771-3:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 3: Unidades de betão de agregados (blocos de betão de agregados correntes e leves) [36];
- NP EN 771-4:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 4: Unidades de betão celular autoclavado (blocos de betão autoclavado) [37];
- NP EN 771-5:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 5: Unidades de pedra reconstituída [38];
- NP EN 771-6:2012 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 6: Unidades de pedra natural [39].

Estas normas apresentadas são de extrema importância para a correta execução de fachadas de edifícios em tijolo com face à vista, pois este material pode ser conjugado com qualquer outro elemento de alvenaria no pano interior.

3.3.2.2. Fatores condicionantes da aplicação do tijolo com face à vista em Portugal

A História tem uma influência direta no fato de este material ainda não se ter afirmado em Portugal, o que levou a que os métodos de aplicação do tijolo com face à vista não fossem aperfeiçoados no país, que não acompanhou a evolução tecnológica verificada noutros países.

O tijolo com face à vista tem associada a imagem de ser um material demasiado dispendioso e que apenas se aplica em casos de edificações de nível superior, sendo este o maior obstáculo à sua total proliferação em Portugal. Esta realidade não é totalmente errada, visto que existe um investimento inicial um pouco superior, mas que depois é facilmente recuperado pela quase inexistente necessidade de manutenção e elevada durabilidade do material a longo prazo.

Outros fatores que contribuem para a falta de confiança no tijolo com face à vista são a falta de mão-de-obra qualificada, que associada à inexistência de projeto de alvenarias conduz a que a execução com este tipo de material não tenha o rigor necessário, resultando em construções de menor qualidade que ficam mais vulneráveis ao aparecimento de anomalias.

“Os trabalhos de alvenaria, incluindo os respetivos revestimentos, correspondem a cerca de 15% do valor da construção de edifícios. No entanto, as paredes de alvenaria têm, habitualmente, desempenhos incompatíveis com a sua importância funcional e económica (cerca de 25% do total das anomalias em edifícios), por insuficiências ao nível da conceção e da execução, bem como ao nível da seleção dos materiais”. “A qualidade dos produtos disponíveis é, em geral, mediana ou reduzida apesar da modernização recente da indústria e da obrigatoriedade de certificação do produto.” “A argamassa de assentamento é, habitualmente, preparada no local à base de cimento e areia (uma prática errónea e única no panorama internacional)”. “A abundância de métodos e materiais novos parece misturar-se com as soluções tradicionais viciadas, devido à habitual inércia do setor da construção” [40]. Estas afirmações reforçam duas ideias já transmitidas anteriormente nesta dissertação, a de que as alvenarias em Portugal têm uma execução menos exigente e com menos rigor e a ideia de o setor da construção ser muito conservador e oferecer muita resistência a novos elementos.

3.3.2.3. Algumas obras importantes em tijolo com face à vista em Portugal

Anteriormente foram já apresentados alguns exemplos de construções em tijolo com face à vista em Portugal, mas já com muitas décadas de idade. Dadas as limitações técnicas existentes no período da construção, não importa referir muito mais além da sua durabilidade.

Interessa agora referir algumas obras recentes em tijolo com face à vista, de modo a ser transmitido o campo de aplicação, as potencialidades e as perspetivas futuras acerca da utilização daquele material. O tijolo com face à vista em Portugal, é utilizado tanto como elemento único de fachadas exteriores, tanto como em soluções mistas de fachadas.

De maneira a selecionar edifícios com qualidades reconhecidas para incluir neste trabalho, decidiu-se apresentar os dois vencedores do Prémio bienal de Arquitetura em Tijolo Face à Vista, da edição 2012-2013, que foi a sexta e última edição do evento, com vinte edifícios candidatos e realizado pela Cerâmica Vale da Gândara. Entre os critérios de avaliação do concurso, destacam-se a originalidade e criatividade, as soluções técnicas e construtivas utilizadas, a qualidade da construção e o enquadramento da obra na sua envolvente.

O Centro Escolar de Angeão (figura 3.20), da autoria do arquiteto Miguel Marcelino, ganhou o Prémio Categoria Absoluta. O local de implantação desta obra oferece uma relação próxima com a natureza, pois situa-se num meio rural e encontra-se rodeada por várias árvores adultas. Segundo o júri *“Esta proposta possui grande qualidade arquitetónica e uma utilização de tijolo face à vista com bastante relevância, definidora da sua imagem global e de grande parte da solução construtiva apresentada. A proposta detém uma relação harmoniosa, articulada e estreita com a envolvente, no que concerne à sua escala, à implantação e articulação volumétrica e na relação simbiótica entre o interior e o exterior. Apresenta uma relação racional, clara e bem articulada no seu conceito funcional, com autonomia espacial articulando-se intimamente, onde o interior beneficia de uma iluminação natural generosa. A solução construtiva preconizada, também ela racional, apresenta o tijolo face à vista como o material usado também como definidor da materialização estética apelativa do edifício”* [28].

O prémio da Categoria Jovem Arquiteto foi atribuído a Pedro Sousa, com a obra Jardim da Mouraria (figura 3.21). Este projeto surgiu integrado num projeto urbano realizado para a cidade de Beja e consistiu em transformar e requalificar o espaço público do Bairro da Mouraria, dotando-o de melhores condições e serviços para os moradores. Entre outros objetivos, destacam-se dois que foram a criação de mais lugares de estacionamento através da construção de um parque de estacionamento para os residentes e dotar a área de novos espaços para estar e de verde público. *“A abordagem desta proposta de requalificação do espaço público distingue-se pela sua singularidade. Para além da forte tendência de avaliação do lugar, de adequação à sua envolvente, a obra do Jardim da Mouraria resolve uma zona de topografia acidentada, dinamizando-a. A plasticidade da obra é apelativa, conseguida através da plasticidade do material utilizado do tijolo face à vista. A relação funcional e visual coloca o tijolo face à vista como primeiro plano. O material define a estética, a construção no seu conceito funcional e formal e é caraterizador da solução construtiva”* [28].



Figura 3.20 – Centro Escolar de Fonte de Angeão | Arquiteto Miguel Marcelino [28]



Figura 3.21 – Jardim da Mouraria, Beja | Arquiteto Pedro Sousa [28]

4

O TIJOLO COM FACE À VISTA ENQUANTO MATERIAL CONSTRUTIVO

4.1. CARATERÍSTICAS GERAIS

O tijolo com face à vista é um elemento constituinte de alvenarias que tem a função de ficar visível numa das faces, pelo menos. Este elemento existe nas formas de tijolo cerâmico e de bloco sílico-calcário, contudo em Portugal apenas é utilizado o primeiro tipo atualmente. Em Portugal, este material apenas desempenha funções de enchimento, pois a alvenaria estrutural tem uma expressão quase nula e está quase sempre associada a blocos de betão, contudo o tijolo cerâmico pode também desempenhar funções estruturais. O tijolo com face à vista tem uma forma paralelepípedica e as suas dimensões variam entre países e regiões. No entanto, estas dimensões dependem da aplicação em obra, pois o executante tem de pegar no tijolo apenas com uma mão e aplicar a argamassa com a outra, sendo que o tijolo não deverá ultrapassar os 2,5Kg. Em Portugal, as dimensões mais comuns do tijolo cerâmico de face à vista são 220x107x70 mm [30]. Quanto aos tipos de tijolo, existem dois: o maciço (figura 4.1), que normalmente não têm perfurações, mas caso tenha, têm um volume inferior a 10% do volume do tijolo, e o perfurado (figura 4.2), que têm perfurações horizontais ou verticais de volume superior a 10% do volume do tijolo. Em termos de cor, esta varia entre o branco amarelado e o negro violeta, dependendo da natureza das argilas, da temperatura da cozedura (se ultrapassar os 1200°C os tijolos adquirem uma tonalidade mais escura) e do tipo de atmosfera do forno (oxidante ou redutora).

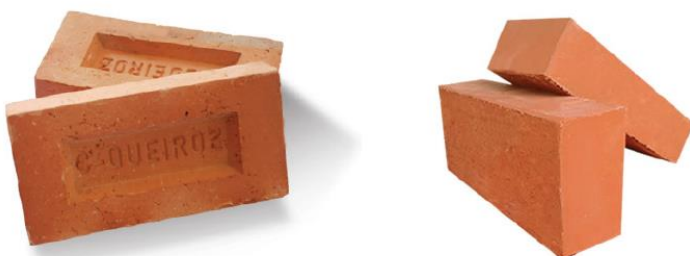


Figura 4.1 – Tijolos do tipo maciço



Figura 4.2 - Tijolos de face à vista do tipo perfurado

Não existem atualmente valores específicos exigidos por lei para a maior parte das características técnicas do tijolo cerâmico, sendo que cada entidade fabricante deve estabelecer especificações comprovadas por ensaios, segundo as exigências normativas em vigor [42]. O quadro seguinte serve para exemplificar o referido anteriormente.

Tabela 4.1 – Ficha técnica de alguns dos tijolos com face à vista produzidos pela CVG – adaptado de [41]

Tijolo com face à vista – 7 cm – grés natural				
Parâmetro	Grandeza	Vulcânico	Pérola	Arena
Desvio máximo em relação às dimensões declaradas (230x110x70 mm)	Comprimento (mm)	+/- 3	+/- 3	+/- 3
	Largura (mm)	+/- 3	+/- 2	+/- 2
	Altura (mm)	+/- 2	+/- 2	+/- 2
Amplitude	Comprimento (mm)	3	2	2
	Largura (mm)	2	1	1
	Largura (mm)	2	1	1
Deformação máxima das faces	mm	2	1	1
Sonoridade	-	Boa	Boa	Boa
Absorção de água	%	3,1	4,8	4,5
Taxa de absorção inicial de água	Kg/(m ² x min)	0,1	0,2	0,3
Massa volúmica real seca	Kg/m ³	2262	2140	2170
Eclusões calcárias	-	Não tem	Não tem	Não tem
Eflorescências	Altura máxima (cm ²)	0	0	0
Resistência à compressão	Mínimo (kgf/cm ²)	226	190	222
	Média (kgf/cm ²)	297	235	261

Os tijolos com face à vista têm de apresentar um conjunto de propriedades, que são determinadas pelas características intrínsecas do material cerâmico, através de um processo produtivo devidamente ajustado. As características técnicas deste material têm como base a NP EN 771-1, sendo os requisitos mais relevantes, nos tijolos com face à vista, os seguintes [43]:

- **Aspetto visual:** nos casos de alvenarias sem função estrutural, onde estes tijolos cobrem áreas extensas, é necessário garantir regularidade neste requisito para que não se destaquem diferenças (cores, dimensões e defeitos) que prejudiquem a alvenaria no seu conjunto;
- **Resistência mecânica:** quando aplicados, os tijolos com face à vista sofrem a ação de diferentes carregamentos (próprios e impostos), aos quais têm de dar uma resposta positiva, pelo que têm de ser submetidos a ensaios normalizados;
- **Ausência de eflorescências:** este fenómeno, que prejudica o aspeto e a durabilidade das alvenarias não revestidas, pode ser evitado através da aplicação de soluções adequadas, tanto na fase de produção dos tijolos, como na fase de aplicação;

- **Dimensões:** tanto nas zonas correntes das alvenarias, como nas zonas particulares, a regularidade dimensional é indispensável para a qualidade final da alvenaria, especialmente nos seus corretos alinhamentos vertical e horizontal;
- **Durabilidade:** por exemplo, a resistência ao gelo-degelo é um requisito fundamental dos tijolos constituintes de alvenarias não revestidas e da sua funcionalidade.

Tabela 4.2 – Exemplo de características técnicas do material cerâmico – adaptado de [43]

Caraterísticas do material cerâmico	Valores
Massa volúmica absoluta	$\geq 2100 \text{ kg/m}^3$
Absorção de água por imersão a frio	$\leq 6 \%$
Absorção de água por capilaridade (1 minuto)	$0,6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}$
Condutibilidade térmica	$0,37 \text{ W/mK}$
Expansão por humidade	$0,2 \text{ mm/m}$
Teor de sais solúveis ativos	S2
Resistência caraterística à compressão	$\geq 45,0 \text{ N/mm}^2$
Resistência ao gelo-degelo	F2

Na Europa, atualmente, é importante o controlo da libertação de substâncias perigosas que está relacionada com o processo de lixiviação dos produtos cerâmicos por águas pluviais, ou outras. Este controlo é realizado ao nível das composições químicas e mineralógicas das matérias-primas utilizadas no fabrico do tijolo.

4.2. MARCAÇÃO CE

Neste subcapítulo apresentam-se as exigências técnicas do tijolo com face à vista em Portugal, que estão dispostas na NP EN 771-1 de 2012, e que possibilitam a obtenção da marcação CE de acordo com o Regulamento (UE) n° 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, correntemente designado por Regulamento dos Produtos de Construção (RPC) que entrou em vigor plenamente a partir de 1 de Julho de 2013. Serão utilizados como referência os tijolos com furação vertical da Cerâmica Vale da Gândara, sendo estes representativos do que se produz em Portugal.



Figura 4.3 – Símbolo da marcação CE segundo o Regulamento dos Produtos de Construção (RPC)

O tijolo com face à vista está definido como tijolo que está destinado a ficar visível, no interior ou no exterior das edificações e que está enquadrado na classificação de “unidades HD (Hight Density)”. Estas unidades inserem-se em pelo menos uma das seguintes designações:

- Todas as unidades cerâmicas para utilização em alvenaria não protegida;
- Unidades cerâmicas para alvenaria com massa volúmica seca bruta maior do que 1000 kg/m^3 para utilização em alvenaria protegida.

Dentro destas é possível ainda fazer duas classificações, “Categoria I” e “Categoria II”, que indicam se as unidades de alvenaria têm valores de resistência à compressão declarada com probabilidade de falha menor ou igual a 5%. Estas categorias estão resumidas no quadro seguinte:

Tabela 4.3 – Classificação de tijolos cerâmicos [42]

			Categoria I	Categoria II
Tijolos Cerâmicos	HD	Massa volúmica bruta seca $> 1000 \text{ kg/m}^3$	Unidades LD ou HD com resistência à compressão declarada com probabilidade de falha menor ou igual a 5%	Unidade LD ou HD onde não se verifica o nível de confiança dos blocos de Categoria I
	LD	Massa volúmica bruta seca $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$		

Os tijolos com face à vista produzidos atualmente em Portugal, têm uma massa volúmica real seca superior a 2000 kg/m^3 [41], enquadrando-se assim nas duas classificações.

4.2.1. TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

Os tijolos do tipo HD possuem menos categorias de classificação do que os LD. Estas categorias a menos referem-se a exigências dimensionais diferentes para a altura dos blocos relativamente à sua largura e comprimento. Outras características a ter em conta são a planeza e o paralelismo plano das faces dos leitos, que não devem exceder o valor indicado pelo fabricante.

4.2.2. MASSA VOLÚMICA

No caso de tijolos HD aplicados com requisitos acústicos especiais, a massa volúmica bruta seca deve ser declarada. A massa volúmica líquida seca deve ser declarada sempre que se considere que é importante para a aplicação do tijolo. Sempre que alguma destas duas grandezas seja declarada, é necessário indicar a respetiva categoria de tolerância (D1, D2 ou Dm).

4.2.3. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

No que à resistência à compressão diz respeito, as exigências expostas na NP EN 771-1:2012 são idênticas para ambos os tipos de tijolos, HD e LD. Sempre que relevante para a sua aplicação, deve ser indicada a resistência média à compressão e a resistência à compressão normalizada dos tijolos em causa. Quando estas são declaradas, a NP EN 771-1:2012 diz o seguinte:

- “A resistência média à compressão do número especificado de tijolos cerâmicos provenientes da remessa não deve ser inferior à resistência à compressão declarada;”
- “As resistências individuais de provetes medidas na amostra de ensaio não devem ser inferiores a 80% do valor declarado.”

Deve ainda ser indicado a(s) orientação(ões) dos tijolos ensaiados, os métodos de assentamento e os vazios existentes que se destinam a ser totalmente preenchidos por argamassa.

4.2.4. PROPRIEDADES TÉRMICAS

As propriedades térmicas dos tijolos devem ser declaradas sempre que estes sejam aplicados em elementos com requisitos de isolamento térmico. Deve ainda ser indicado a forma como os valores foram obtidos, ou seja, se foram obtidos por intermédio de cálculos, ensaios ou por consulta de quadros.

4.2.5. DURABILIDADE

A resistência ao gelo/degelo de tijolos cerâmicos de alvenaria deve ser declarada pelo produtor por referência à sua aplicabilidade em alvenaria ou em construções sujeitas a uma exposição passiva (F0), moderada (F1) ou severa (F2). Visto que não existe um Método Europeu de ensaio, a resistência ao gelo/degelo deve ser avaliada e declarada de acordo com as disposições em vigor no local onde os tijolos vão ser utilizados. O tijolo com face à vista aplicado em fachadas de edifícios insere-se sempre nas classificações F1 e F2.

4.2.6. ABSORÇÃO DE ÁGUA

No caso de tijolos com face à vista aplicados no exterior dos edifícios, a absorção de água dos lotes deve ser sempre declarada. A absorção de água em tijolos cuja função é a de corte de capilaridade deve ser declarada pelo produtor. Quanto à taxa inicial de absorção de água, o produtor deve também declará-la quando for relevante para a utilização prevista. As unidades do tipo LD com aplicações comuns não possuem requisitos específicos referentes à absorção de água.

4.2.7. TEOR DE SAIS SOLÚVEIS

Quando a utilização a que o tijolo se destina prevê uma proteção limitada ou quando fica totalmente exposto aos agentes atmosféricos, o produtor deve declarar o teor de sais solúveis ativos tendo como referência as classes apresentadas na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Classes de teores de sais solúveis ativos – NP EN 771-1:2012

Classe	Percentagem total em massa inferior ou igual a	
	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺
S0	Sem requisito	Sem requisito
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03

4.2.8. ASPETO DOS TIJOLOS COM FACE À VISTA

Sobre este ponto, o anexo B.6 da norma NP EN 771-1:2012 diz o seguinte: *“O aspeto destes tijolos cerâmicos e a sua avaliação deverão ser referidos num contrato de compra. O requisito variará em função da utilização a que se destinam os tijolos de face-à-vista, deverá ser tido em conta as suas características intrínsecas, por exemplo, revestimento corrente e execução manual. A título de orientação, deverá dar-se especial atenção a fissuras profundas ou extensas, a cantos e arestas danificados, a pedras e inclusões calcárias.”*

4.2.9. EXPANSÃO COM A HUMIDADE

NP EN 771-1:2012: *“Nos países onde existem requisitos relativos a expansão com a humidade, esta característica deve ser avaliada e declarada em conformidade com as disposições em vigor no local pretendido para utilização dos tijolos cerâmicos.”*

4.2.10. REAÇÃO AO FOGO

Para o caso de tijolos que estão destinados a serem aplicados em elementos que precisem de satisfazer requisitos de resistência ao fogo, o produtor deve declarar a classe de resistência ao fogo. A esmagadora maioria dos edifícios estão inseridos neste grupo, especialmente todos os habitacionais.

- Para tijolos cerâmicos com $\leq 1,0\%$ em massa ou volume (verifica-se o mais desfavorável) de materiais orgânicos distribuídos de forma homogênea, a declaração poderá indicar a classe A1 de reação ao fogo sem serem necessários ensaios;
- Para tijolos cerâmicos com $> 1,0\%$ em massa ou volume de materiais orgânicos distribuídos de forma homogênea devem ser classificados segundo a EN 13501-1 e declarados na classe adequada de reação ao fogo;

4.2.11. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Segundo a NP EN 771-1:2012, *“Para os tijolos destinados a utilização em elementos exteriores, o produtor deve fornecer informação relativa à permeabilidade ao vapor de água por meio de valores tabelados do coeficiente de difusão de vapor de água apresentados na EN 1745 ou valores determinados de acordo com a EN ISO 12572.”*

4.2.12. ADERÊNCIA

A aderência de tijolos cerâmicos combinados com argamassa apenas deve ser declarada se a aplicação destes for destinada a elementos com funções estruturais. Nestes casos, deve ser declarado o valor da resistência característica inicial ao corte em conformidade com a EN 1052-3.

4.2.13. CONCLUSÕES

Todos os ensaios necessários para avaliar os parâmetros apresentados devem ser realizados segundo a legislação em vigor, cujos documentos normativos se encontram na NP EN 771-1:2012.

As exigências atribuídas pela NP EN 771-1:2012 para tijolos do tipo HD e LD têm muitos pontos em comum, como se pode verificar na tabela 4.5 onde estão resumidas.

Tabela 4.5 – Características essenciais dos tijolos cerâmicos relevantes para a marcação CE, adaptado de [42]

Caraterísticas essenciais	Aplicabilidade	Observações	
		HD	LD
Dimensões e tolerâncias dimensionais	Para tijolos com utilização prevista em elementos sujeitos a requisitos estruturais	Valores declarados (em mm) e categoria de tolerância (T1, T2, T1+, T2+)	
Configuração		Configuração declarada (apresentada através de desenho ou descrita)	
Resistência à compressão		Valor declarado (em N/mm ²) com indicação da direção de carga e da categoria do tijolo	
Estabilidade dimensional		Valor declarado da expansão com a humidade (em N/mm)	
Aderência		Valor tabelado ou valor declarado da resistência inicial ao corte (em N/mm ²)	
Teor em sais ativos solúveis		Valor declarado do teor em sais ativos solúveis com base nas classes S0, S1 e S2	
Reação ao fogo	Para tijolos com utilização prevista em elementos sujeitos a requisitos de resistência ao fogo	Reação ao fogo declarada com base nas classes A1 a F	
Absorção de água	Para tijolos com função de corte de capilaridade ou em elementos exteriores de face exposta	Valor declarado (em %)	Texto declarado: “Não deixar exposto”
Permeabilidade ao vapor de água	Para tijolos com utilização prevista em elementos exteriores	Valor declarado (coeficiente de difusão de vapor de água)	
Isolamento acústico aéreo direto (em condições extremas)	Para tijolos a utilizar em elementos sujeitos a requisitos acústicos	Valor declarado da massa volúmica bruta seca (em kg/m ³) e configuração declarada, ilustrada ou descrita	
Resistência térmica	Para tijolos sujeitos a requisitos de isolamento térmico	Valor declarado da resistência mecânica (em m ² K/W) ou condutibilidade térmica equivalente (em W/m.K). Obrigatória a declaração dos meios de avaliação utilizados	

Tabela 4.5 – Características essenciais dos tijolos cerâmicos relevantes para a marcação CE, adaptado de [42] (continuação)

Caraterísticas essenciais	Aplicabilidade	Observações	
		HD	LD
Durabilidade contra o gelo/degelo	-	Valor declarado conforme requerido pelo método de avaliação utilizado ou texto declarado: “Não deixar exposto”	
Substâncias perigosas	Sempre que exista legislação de cumprimento obrigatório relativa às substâncias perigosas	O produto deve ser acompanhado quando e onde requerido e de forma apropriada, por documentação que refira a legislação aplicável assim como toda a informação exigida por essa legislação	

4.3. TIPOS DE TIJOLO COM FACE À VISTA

Tomando novamente como referência o que é produzido pela Cerâmica Vale da Gândara, que representa bem o que acontece a nível nacional, existem três tipos de tijolos com face à vista [43]:

- **Tijolos klinker:** estes são a gama alta dos tijolos com face à vista. São constituídos por argilas especiais cozidas a temperaturas a rondar os 1150 °C para reduzir a sua porosidade e aumentar a sua massa volúmica, dando origem a um produto final com menos de 6% de absorção de água, massa volúmica superior a 2000 kg/m³ e resistência mecânica à compressão superior a 45 N/mm²;
- **Tijolos de Grés:** são a gama intermédia dos tijolos com face à vista e distinguem-se dos tijolos klinker apenas no valor da sua resistência à compressão. Estes tijolos caracterizam-se por apresentarem uma absorção de água inferior a 6%, uma massa volúmica superior a 2000 kg/m³ e uma resistência mecânica à compressão superior a 10 N/mm²;
- **Tijolos hidrofugados:** estes tijolos são os produtos de menor qualidade e são habitualmente produzidos com argilas comuns e cozidos a temperaturas mais baixas do que os outros tipos. Depois de cozidos, são imersos numa solução hidrofugante, criando uma película superficial impermeabilizante. Esta película apenas vai reduzir a taxa de absorção inicial e não a de absorção de água. Os hidrófugos que constituem a referida película têm vida limitada e, passado algum tempo, deixam de desempenhar aquela função e é então revelada a qualidade intrínseca do tijolo. Neste grupo de tijolos, os requisitos existentes são apenas os previstos na ficha técnica do produtor, não havendo qualquer exigência adicional.

4.4. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO DO TIJOLO COM FACE À VISTA

O processo de fabrico do tijolo cerâmico em Portugal é comum a todas as indústrias e consiste na extrusão, sendo por isto descrito de uma forma generalista. Esta descrição tem como base o Manual Técnico de aplicação de tijolo com face à vista, elaborado pela Cerâmica Vale da Gândara. A figura 4.4 esquematiza todo este processo.

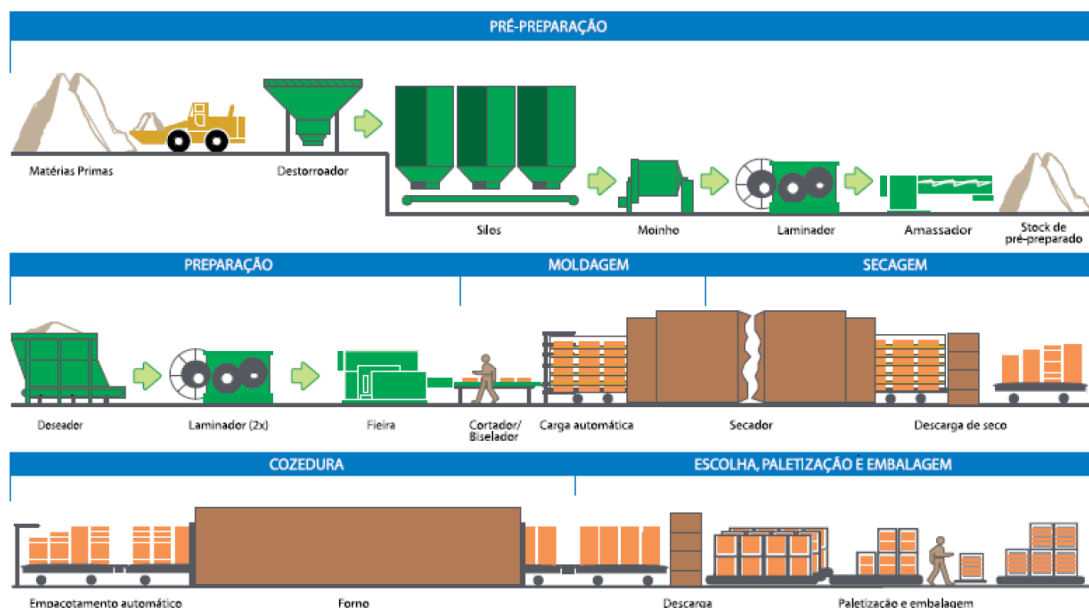


Figura 4.4 – Esquema representativo do processo de fabrico do tijolo cerâmico [43]

4.4.1. EXTRAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

O principal constituinte do tijolo cerâmico é a argila. Esta é uma matéria-prima natural e é extraída de barreiros (figura 4.5). A argila natural divide-se em dois grupos, a argila “magra”, que apresenta menor plasticidade, e a argila “gorda”, com maior plasticidade [44]. Ao extrair a argila, deve-se proceder à separação daqueles dois tipos, para posteriormente se depositar em camadas intercaladas. Como esta extração é diretamente condicionada pelas condições atmosféricas, deve ser realizada preferencialmente nos meses mais secos.



Figura 4.5 – Barreiro de argila

Quando se realiza a extração, procede-se à separação do material considerado útil, que será estratificado, do considerado estéril, que apenas servirá para reposição da topografia. Nesta fase há sempre uma pequena parte do referido material estéril que fica no seio da argila, pois a matéria-prima não é exclusivamente formada por argila e é, por isso, necessário um grande cuidado e rigor nesta etapa. Se existirem rochas demasiado grandes, as etapas seguintes podem não ter sucesso, principalmente a de redução da granulometria. Se houver matéria orgânica em excesso, pode conduzir a um produto final de menor qualidade, pois cria porosidade excessiva nas peças durante a cozedura [45].

4.4.2. PRÉ-PREPARAÇÃO

Esta fase tem como finalidade homogeneizar a matéria-prima e reduzir a sua granulometria. Para isto, recorre-se a várias máquinas, como destorreadores, laminadores ou amassadoras. Quando necessário, são utilizados vários laminadores diferentes para reduzirem a granulometria progressivamente até se obterem as dimensões máximas na ordem dos 3 mm a 5 mm. Nesta etapa também se corrigem as características da matéria-prima, através da adição de água e outros aditivos, como inertes ricos em sílica. Estes aditivos variam consoante a constituição da matéria-prima extraída e as propriedades pretendidas do produto final. No fim deste processo, a matéria-prima final é armazenada num local protegido dos fatores climáticos, onde ficará em repouso até serem utilizados no fabrico de tijolos com face à vista.

4.4.3. PREPARAÇÃO

Quando o material armazenado resultante da etapa anterior é necessário, é colocado num doseador que vai alimentar um novo processo de redução da granulometria, mais eficaz e mais rigoroso do que o realizado na fase de pré-preparação. À semelhança do referido na fase anterior, aqui podem também ser utilizadas várias máquinas sequencialmente. Normalmente são utilizados laminadores (figura 4.6) ou laminadores articulados (figura 4.7). Estes últimos são mais eficazes, pois possui um sistema de aperto hidráulico nos cilindros de esmagamento que reduzem a granulometria da matéria-prima para dimensões da ordem do 1 mm. Durante a homogeneização, é adicionada água à matéria-prima, formando uma pasta com a trabalhabilidade necessária para o processo de extrusão.



Figura 4.6 – Laminador simples



Figura 4.7 – Laminador articulado

4.4.4. CONFORMAÇÃO

A conformação é realizada sequencialmente com a preparação, sendo até por vezes a homogeneização da matéria-prima executada na mesma máquina que efetua a extrusão. Esta máquina é denominada de extrusora ou de fieira (figura 4.8) e, além de realizar os dois procedimentos referidos, extrai também todo o ar existente na pasta de argila. Este processo de extração do ar tem o intuito de conferir uma maior resistência ao produto final e de diminuir as imperfeições durante a cozedura, sendo por isso mais importante ainda no caso dos tijolos com face à vista. No fim da extrusora existe um molde com a forma negativa do tijolo (figura 4.9), que permite também realizar acabamentos com diferentes texturas nos

tijolos, através da passagem de rolos com os negativos da textura em relevo. Depois de passarem pela extrusora, os tijolos passam por um processo de corte e de biselagem das arestas.



Figura 4.8 – Extrusora (ou fieira) aberta para manutenção



Figura 4.9 – Dispositivo para texturar tijolos

4.4.5. SECAGEM

Nesta fase, os tijolos já possuem a sua forma final e são armazenados em câmaras de secagem (figura 4.10), dispostos em camadas singulares. As peças ficam em estantes durante períodos de cerca de 48 horas e sujeitas a temperaturas que variam, por patamares, desde a temperatura ambiente até aos 60°C. Nestas câmaras existem ventiladores que injetam ar quente proveniente do arrefecimento dos fornos de cozedura.



Figura 4.10 – Câmara de secagem de tijolos com o ventilador no centro

4.4.6. COZEDURA

Já secos, os tijolos são retirados das estantes e colocados em vagões, sendo empilhados em conformidade com o posicionamento dos queimadores do forno, que são responsáveis pela combustão nos espaços vazios das pilhas de tijolos. A cozedura processa-se num forno do tipo túnel (figura 4.11) e é, normalmente, alimentado a gás natural. Este processo de cozedura passa por vários patamares de temperatura e com uma determinada sequência de avanço, sendo necessário monitorizar permanentemente este processo. A cozedura começa com o pré-forno, numa zona em que os gases de

queima são evacuados, passando de seguida pela zona de cozedura propriamente dita, que começa com 700 °C e onde se dá a sinterização do tijolo [45]. É nesta altura que o forno atinge as temperaturas mais altas, no seio dos queimadores do forno, podendo atingir os 1100 °C. Na parte final do forno existem ventiladores, que injetam oxigénio no túnel, ajudando ao arrefecimento do material até saírem do forno, com temperaturas a rondar os 50 °C.

A monitorização constante das temperaturas no interior do forno é tão importante na fase de aquecimento como na de arrefecimento. A velocidade com que o material é aquecido e arrefecido dita a maneira como as reações internas ocorrem, sendo crucial para a qualidade final do produto. Após saírem do forno, os tijolos devem ser empilhados de forma não aleatória, como se ilustra na figura 4.12.



Figura 4.11 – Forno tipo túnel



Figura 4.12 – Vagões de tijolos empilhados após saída do forno

4.4.7. EMBALAGEM DOS TIJOLOS

Depois dos tijolos estarem completamente frios, são colocados em paletes e embalados em plástico. Nesta fase e como já foi referido no subcapítulo anterior, o tijolo com face à vista pode ser hidrofugado, através da imersão das paletes em tanques de hidrofugação, de maneira a tornar o material mais eficiente relativamente à humidade. Após todas as fases descritas estarem concluídas, os tijolos encontram-se prontos a serem comercializados e aplicados em obra.

4.5. VANTAGENS DO TIJOLO COM FACE À VISTA

O tijolo com face à vista apresenta uma série de vantagens, relativamente a outros revestimentos exteriores de fachadas, que são garantidas pelas seguintes propriedades:

- **Durabilidade:** através da ação do calor, as argilas constituintes dos tijolos sinterizam e criam ligações cerâmicas extremamente fortes, conferindo grande estabilidade ao material. Com isto, os tijolos suportam climas extremamente agressivos e tornam-se imunes a quase todos os ataques químicos possíveis. Assim sendo, este material construtivo apresenta uma grande durabilidade;
- **Fatores estéticos:** as cores naturais dos tijolos cerâmicos são bastante atrativas e esteticamente agradáveis, resultando de complexas reações físico-químicas que ocorrem durante a cozedura. Outro fator estético a favor do tijolo é que a sua cor é permanente e não se degrada com o tempo. As cores naturais dos tijolos são muito versáteis, tornando possível criar diversos tipos de ambientes, sempre confortáveis e duradouros;

- **Isolamento térmico:** geralmente, o tijolo apresenta um melhor desempenho térmico relativamente a outros materiais de construção equivalentes. A inércia térmica das alvenarias de tijolo mantém estável a temperatura interior dos edifícios. O tijolo cerâmico absorve e emite calor lentamente, mantendo assim a casa mais fresca durante o dia e mais quente durante a noite;
- **Isolamento acústico:** as paredes de tijolo possuem uma estrutura bastante densa, atenuando assim os sons, conferindo um bom isolamento do ponto de vista acústico. A espessura e a massa volúmica do tijolo amortecem os ruídos que nele incidem, facilitando a reflexão dos mesmos de volta para o meio envolvente;
- **Resistência ao fogo:** o material cerâmico é incombustível, pelo que uma parede de tijolo possui propriedades otimizadas de resistência ao fogo;
- **Resistência mecânica:** a elevada resistência à compressão do tijolo cerâmico é uma propriedade que foi largamente explorada durante milénios na construção de estruturas, desde edifícios até pontes. As paredes em tijolo são elementos construtivos que conferem ao edifício uma segurança extra;
- **Custos de manutenção:** os tijolos cerâmicos não necessitam de manutenção. Este fator leva a que o custo inicial seja rapidamente recuperado, pois não existem custos de manutenção. A aparência das paredes de tijolo mantém-se com o passar dos anos. Trata-se de um investimento com retorno financeiro garantido.

5

CONCEÇÃO DE PAREDES EM TIJOLO COM FACE À VISTA

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As alvenarias de tijolo com face à vista possuem uma grande variedade de aplicações. Para além de poderem ser aplicadas em fachadas correntes de edifícios, quer seja com funções de enchimento ou com funções estruturais, podem também ser aplicadas apenas com funções estéticas. Contudo, qualquer que seja o tipo de aplicação, este tipo de tijolo necessita sempre de um grande rigor na sua execução.

Neste capítulo pretende-se apresentar os pontos mais relevantes a ter em conta na execução de fachadas em tijolo com face à vista. A maneira como este material é aplicado difere de país para país, sendo que em Portugal ainda não existe nenhum manual completo sobre este tipo de aplicações. Para auxílio da realização deste capítulo vai servir como base o Manual Técnico de aplicação de tijolo com face à vista, elaborado pela Cerâmica Vale da Gândara e que é o mais completo a nível nacional. Para complemento desta bibliografia nacional, serão também usadas referências de outros países da Europa, nomeadamente Inglaterra, Espanha e Itália, que serão posteriormente devidamente referenciadas.

5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS PAREDES DE ALVENARIA DE TIJOLO SEGUNDO O EC6 E O EC8

O Eurocódigo 6 e o Eurocódigo 8 aplicam-se nos projetos de paredes de alvenaria dos diferentes tipos pertencentes ao sistema estrutural principal da construção, fazendo a distinção entre alvenaria simples, alvenaria armada, alvenaria pré-esforçada e alvenaria confinada [66].

O Eurocódigo 6 classifica as paredes de alvenaria consoante o tipo de materiais constituintes, as ações a que estão sujeitas e o tipo e número de panos e das ligações entre estes:

- Paredes simples com ou sem junta longitudinal;
- Paredes duplas (com caixa-de-ar);
- Paredes de dois panos (sem caixa-de-ar);
- Paredes de face aparente;
- Paredes de juntas descontínuas;
- Paredes-cortina.

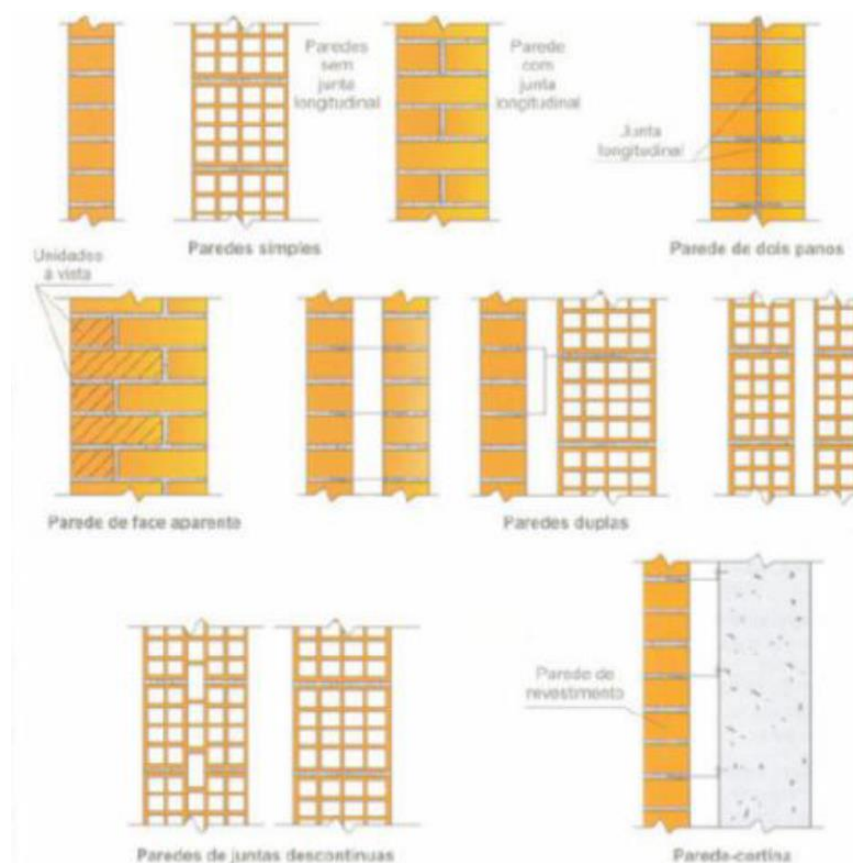


Figura 5.1 – Tipos de paredes de acordo com o Eurocódigo 6 [64]

Classificando agora as paredes tendo em conta as ações a que podem estar sujeitas e da sua função estrutural, o Eurocódigo 6 tem presente o seguinte [49]:

- Paredes resistentes (sujeitas a cargas verticais significativas, para além do peso próprio);
- Paredes de travamento/contraventamento;
- Paredes sujeitas a ações de corte (suportando, sobretudo, cargas horizontais);
- Paredes divisórias (não suportando cargas significativas);
- Paredes sujeitas a cargas laterais.

As classificações previstas no Eurocódigo 6 apenas apresentam as designações e algumas medidas técnicas de execução, nomeadamente sobre o modo de ligação entre os dois panos da parede, não tendo o relevo desejado no contexto do documento [64].

5.3. EXECUÇÃO DE FACHADAS CORRENTES

A alvenaria de tijolo com face à vista ainda tem pouca expressão em Portugal. A sua aplicação é realizada, na grande maioria das vezes, como pano exterior de paredes duplas (figura 5.2), sendo que o processo de execução a seguir descrito será baseado nesta solução construtiva. As recomendações deste ponto são baseadas no Manual Técnico da Cerâmica Vale da Gândara (2012) e na dissertação de Mestrado “Viabilidade técnico-económica do tijolo face à vista em fachadas de edifícios em Portugal”, do Daniel Filipe da Silva Mesquita (2007).

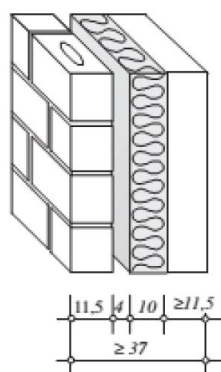


Figura 5.2 – Tipo corrente de parede em tijolo com face à vista [17]

5.3.1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS ANTES DA APLICAÇÃO

Todo o material recebido deve ser inspecionado visualmente, com o intuito de verificar a qualidade do material e também de comparar os diferentes lotes, pois podem haver pequenas diferenças de tonalidade. Caso existam tijolos com diferentes tonalidades, devem ser aplicados em fachadas diferentes ou misturados de forma homogênea. O tijolo recebido deve ficar armazenado em locais limpos, secos e protegidos dos fatores climáticos. Todo o material transportado para a frente de obra ou que se encontre em processo de aplicação, deve ser alvo dos mesmos cuidados descritos anteriormente.

Embora em alguns casos não se faça, é aconselhável a construção de um painel modelo, ou murete de prova, da aplicação do tijolo com face à vista, que sirva para representar o aspeto final pretendido para a fachada. Este painel deve ficar localizado de modo a representar as condições reais de iluminação e de visibilidade da fachada ou, se tal não for possível, num local de boa iluminação. Este painel deve ser observado a uma distância igual ou superior a 3 metros [46], e deve também reproduzir todos os detalhes mais elaborados da fachada, permitindo assim [47]:

- Criar um padrão de qualidade do acabamento que seja consensual entre a entidade contratante e a executante;
- Selecionar o tipo e a coloração mais adequados das juntas;
- Estudar o comportamento da ligação entre a argamassa e o tijolo;
- Verificar se as peças especiais, caso utilizadas, possuem dimensões e coloração adequadas;
- Verificar o nível da qualidade do tijolo, após a sua aplicação;
- Evitar divergências relativamente à maneira de execução do trabalho.

Elemento fundamental para a execução de uma fachada deste tipo é o projeto, que deve ser cuidadosamente consultado de modo a fazer-se a seleção da distribuição do tijolo com face à vista e a espessura das juntas. Nestas obras há alguns aspetos a evitar, como cortes excessivos, aplicação de peças demasiado pequenas, pois a sua estabilidade é inferior, e todos os outros aspetos que afetem a estética ou a estabilidade da parede. Um aspeto que merece também uma atenção especial é o das aberturas na parede, como as portas e janelas, de modo a que a localização destas não conduza ao desrespeito dos fatores referidos anteriormente. Este pormenor das aberturas é bastante relevante, pois aqui podem ser originadas patologias futuras, ilustrando-se na figura 5.3 o que se deve e não se deve fazer. Deve ainda ser realizado outro trabalho preparatório. Antes de se iniciar o assentamento, deve ser aplicada uma fiada de tijolos a seco, ou seja, sem argamassa, para verificar a compatibilidade do método de aplicação e para decidir a espessura das juntas (figura 5.4).

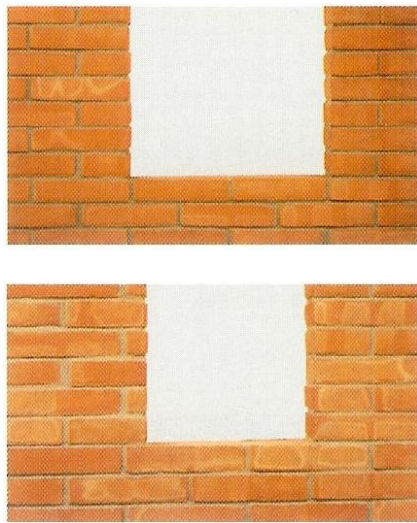


Figura 5.3 - Aplicação correta (cima) e incorreta (baixo) de tijolo num vão de janela [48]

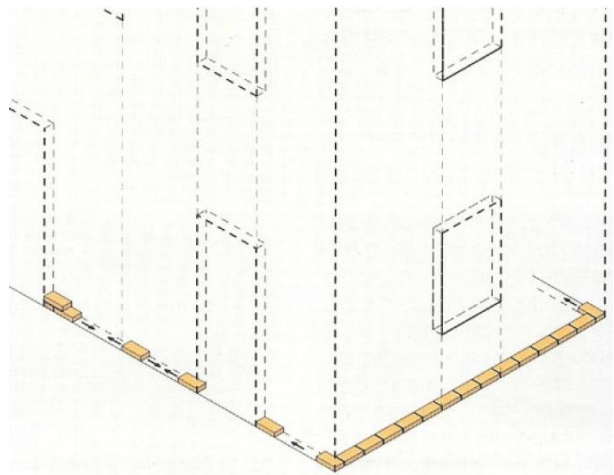


Figura 5.4 - Aplicação de uma camada de tijolo a seco, tendo em conta as aberturas da fachada [48]

5.3.2. PROCESSO DE ASSENTAMENTO

O tijolo com face à vista, quando não hidrofugado, deve ser humedecido antes da sua aplicação de modo a evitar a desidratação da argamassa devida à absorção de água por parte do tijolo. A necessidade de realizar ou não este procedimento e o nível de humedecimento devem ser estabelecidos tendo em conta as condições atmosféricas do local na altura da aplicação e também o nível de porosidade do tijolo. Nunca devem ser aplicados tijolos saturados.

Os tijolos a aplicar devem ser retirados em camadas verticais de pelo menos duas ou três paletes diferentes (figura 5.5), misturando os tijolos de modo a obter uma homogeneização das características da fachada. Primeiramente, os tijolos devem ser aplicados em determinados pontos de referência, como ombreiras de portas e janelas e cantos dos edifícios, como se pode verificar na figura 5.6. Devem-se executar algumas fiadas de forma escalonada, até uma altura de cerca de seis ou sete tijolos.

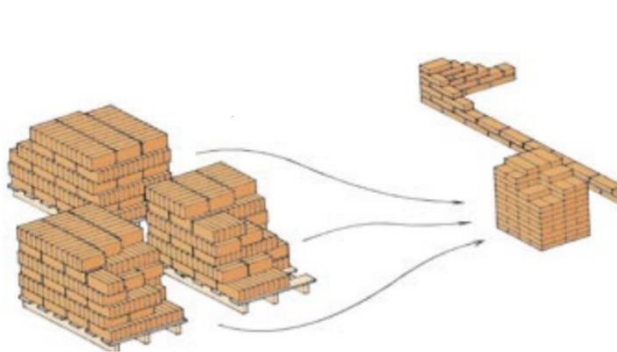


Figura 5.5 – Processo de seleção de tijolos a aplicar [47]

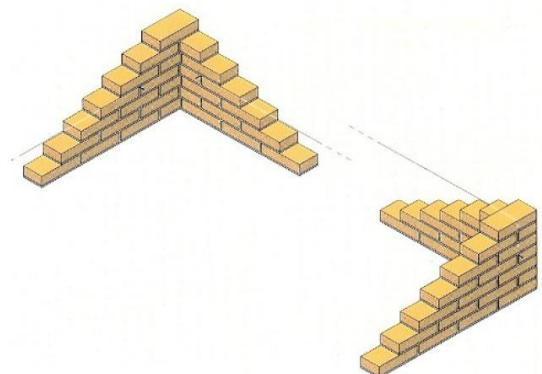


Figura 5.6 – Aplicação escalonada dos primeiros tijolos nos pontos de referência [48]

Para auxiliar este procedimento executam-se bitolas de madeira, contendo cortes que assinalam a altura a que a face superior dos tijolos se deve situar. Estas bitolas situam-se normalmente nos cantos das

paredes, como se ilustra na figura 5.7. São fixadas verticalmente e servem para o executante ir verificando a correta espessura das juntas ao longo da parede. Devem ser colocados fios, de modo a facilitar a execução retilínea das paredes e a controlar a horizontalidade das camadas. O alinhamento vertical das juntas deve ser constantemente verificado, com recurso a um nível de bolha, um fio de prumo (figura 5.8) ou fios verticais fixos.

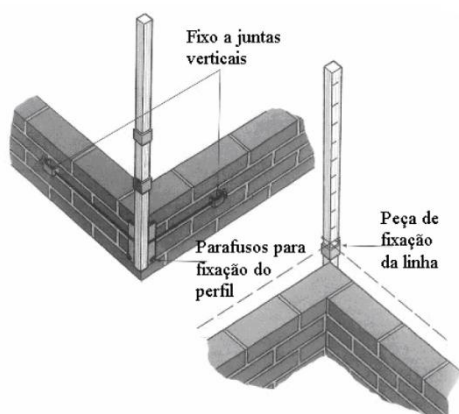


Figura 5.7 – Bitola de madeira fixa no canto de uma parede [47]

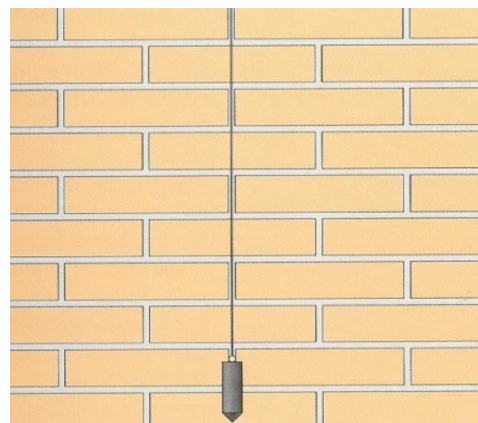


Figura 5.8 – Fio de prumo para verificação do alinhamento vertical das juntas [48]

Este tipo de aplicação do tijolo pode conter alguns obstáculos à sua execução em Portugal, pois existe uma reduzida diversidade de dimensões de tijolos fabricados. Outro obstáculo é a realização de acabamentos biselados nas arestas, que tornam mais difícil a aplicação de peças cortadas no meio das fachadas, algo que pode ser necessário realizar devido aos fatores anteriormente referidos. Existem formas para executar paredes utilizando alguns tijolos de menores dimensões, como se exemplifica na figura 5.9.

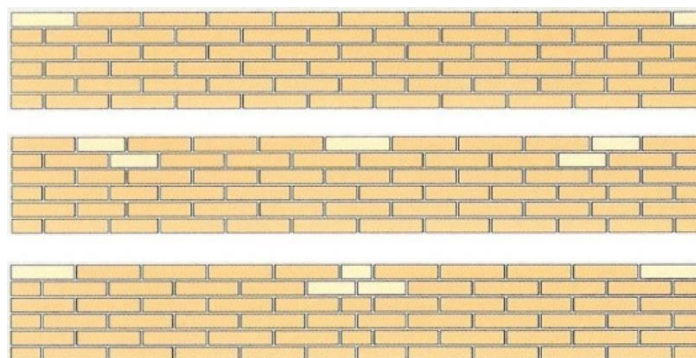


Figura 5.9 – Metodologia de aplicação de tijolos com dimensões diferentes [48]

Todo este processo é muito facilitado se for realizado um estudo cuidadoso na fase de projeto, prevendo a disposição dos tijolos em todo o desenvolvimento das fachadas, o que também as favorece esteticamente. Deve-se repetir sistematicamente o procedimento descrito, executando seis a sete camadas de cada vez.

5.3.3. CORRETO MANUSEAMENTO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E EXECUÇÃO DAS JUNTAS

A argamassa utilizada para assentamento de tijolo com face à vista deve apresentar maior consistência do que a argamassa utilizada para assentamento de tijolo furado. Esta consistência mais elevada tem de evitar que:

- Escorra argamassa pela face visível do tijolo;
- Caia argamassa para o interior da furação do tijolo;
- As juntas inferiores sejam abatidas, devido ao peso das camadas superiores de tijolo.

A argamassa deve ser aplicada no local de assentamento do tijolo, horizontalmente, em quantidades tais que permitam o preenchimento total da junta, devendo ser evitado o excesso de argamassa. Utilizando uma colher de pedreiro (figura 5.10), coloca-se argamassa num dos topos do tijolo, servindo de ligação a outro tijolo já assente. Após a aplicação do tijolo remove-se o excesso de argamassa, pressionando aquele de modo a ficar nivelado, como se pode verificar na figura 5.11. Neste processo de nivelamento dos tijolos deve-se evitar dar pancadas fortes, pois estas podem danificar o tijolo. Todo o processo que envolve manuseamento de argamassa deve ser realizado de maneira a evitar ao máximo o contato com a face do tijolo que irá ficar visível. Uma atividade que pode pôr em causa o que foi anteriormente dito é a de remoção do excesso de argamassa. Nunca se deve pressionar a argamassa contra a face do tijolo. A figura 5.12 mostra a maneira correta de realizar esta tarefa.

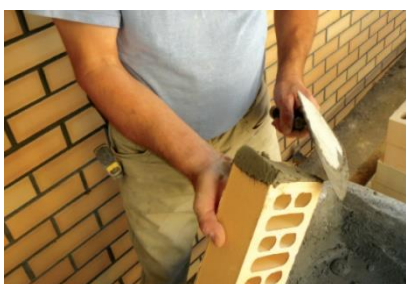


Figura 5.10 – Aplicação de argamassa num topo do tijolo [43]



Figura 5.11 – Assentamento de tijolo pressionando as duas que contêm argamassa [43]

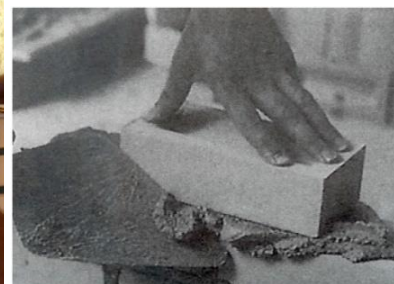


Figura 5.12 – Procedimento adequado de corte da argamassa [47]

As juntas devem ficar com uma espessura de 1 cm a 1,5 cm, e devem ser acabadas quando a argamassa estiver um pouco mais consistente do que no momento do assentamento do tijolo. Para executar o referido acabamento das juntas, utilizam-se diversos utensílios específicos (figura 5.13), de acordo com o tipo de junta estabelecido no projeto. Existem vários tipos de acabamentos de juntas, como se ilustra na figura 5.14.

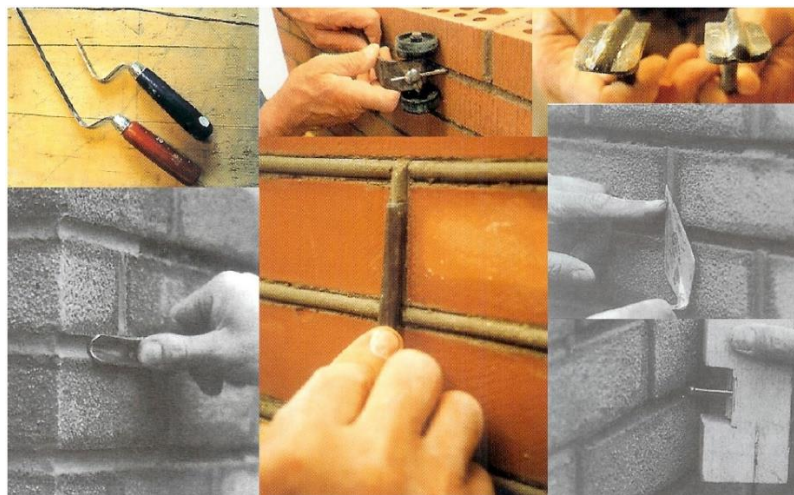


Figura 5.13 – Utensílios para acabamento de juntas em tijolo com face à vista [47] e [48]

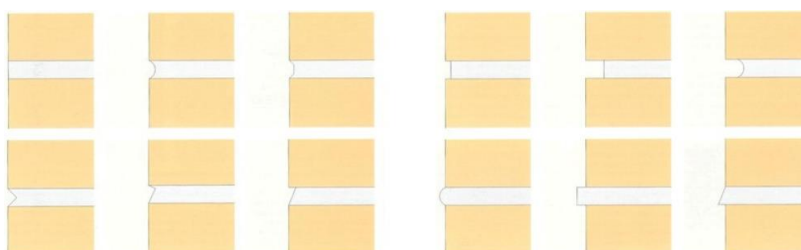


Figura 5.14 – Tipos de juntas em tijolo com face à vista [48]

5.3.4. CONSTITUIÇÃO DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

No caso de aplicação de tijolo com face à vista, é aconselhável utilizar-se argamassa bastarda. Para este tema, recorreu-se novamente às recomendações da Cerâmica Vale da Gândara [43].

As argamassas devem ser hidrófugas, elásticas e impermeáveis, e são constituídas por uma mistura de materiais conglomerantes inorgânicos (cimento e/ou cal), areia, água (o mínimo possível) e aditivos, a aplicar como ligante em alvenarias de tijolo com face à vista. Estas argamassas devem apresentar as seguintes características:

- **Cimento:** deve apresentar uma resistência característica inferior a 35 MPa, de modo a evitar a redução da plasticidade da argamassa. Para evitar a ocorrência de eflorescências, não se deve utilizar cimento com um teor elevado de sais solúveis. Não se pode utilizar cimentos aluminosos, exceto em paredes com características refratárias. Para se obter argamassas brancas ou de cor, recomenda-se a utilização de cimento branco;
- **Cal hidráulica:** tem o objetivo de melhorar a plasticidade da argamassa e tornar a sua cor final mais clara. Pode-se utilizar cal hidráulica ou cal hidratada. A cal hidráulica deve apresentar valores da ordem dos 15% da totalidade do ligante da argamassa (cal e cimento), podendo atingir um valor máximo de 50%. Em casos de adição de cal hidratada, esta deve ser contabilizada como plastificante e não como ligante hidráulico e deve representar um máximo de 20% da quantidade de ligante. Deve ser utilizada em situações onde a relação em volume cimento-areia seja inferior a 1:4;

- **Areia:** pode ser de rio, de mina, lavada, fina ou até mesmo uma mistura destes tipos, sempre isenta de sais e materiais orgânicos que possam alterar as propriedades das argamassas. A granulometria da areia deve ser de acordo com o apresentado na tabela 5.1;

Tabela 5.1 - Requisitos da granulometria da areia [43]

Malha da rede (mm)	% que passa	Condições
2,5	A	$90 \leq A \leq 100$
1,25	B	$30 \leq B \leq 100$ B-C ≤ 50
0,63	C	$15 \leq C \leq 70$ C-D ≤ 50
0,32	D	$5 \leq D \leq 50$ B-D ≤ 70
0,16	E	$0 \leq E \leq 30$

- **Saibro:** trata-se de uma rocha metamórfica que, se for de boa qualidade e tiver a sua granulometria e plasticidade controladas, e em doses corretas vai melhorar a qualidade das argamassas, nomeadamente:
 - Aumento da plasticidade;
 - Melhor trabalhabilidade;
 - Redução da água de amassadura;
 - Redução das eflorescências de assentamento;
 - Maior facilidade de limpeza das fachadas de tijolo com face à vista;
 - Juntas com maior elasticidade, depois de secas;
 - Redução da fissuração;
 - Melhor impermeabilização.

O saibro não deve apresentar granulometria superior a 2 mm e deve representar entre 1/5 a 2/5 dos agregados da argamassa, consoante estes sejam muito ricos em finos (gordos) ou menos ricos em finos (magros), respetivamente;

- **Água:** é expressamente desaconselhada a utilização de águas marinhas ou salinizadas de qualquer tipo, pois provocam o aparecimento de eflorescências nas paredes. É aconselhável a utilização de água potável, que não favorece esta situação. A quantidade de água utilizada deve ser a menor possível, de modo a não afetar a trabalhabilidade da argamassa. O excesso de água origina problemas de consistência, como os de assentamento das camadas inferiores de tijolo por retardamento da presa da argamassa ou a ausência de consistência na fase de assentamento. Outro fator a ter em atenção é o escoamento da água de amassadura, que retira ligante à mistura e o deposita na fachada;
- **Aditivos:** são substâncias que, quando incorporadas na argamassa, alteram algumas das suas características, tanto no estado de fresco, como no estado endurecido. Os aditivos podem classificar-se como plastificantes, indutores de ar, corantes, hidrófugos, etc. Estes produtos não devem alterar significativamente o desempenho da argamassa, induzindo substâncias que originem eflorescências, diminuam a resistência e a durabilidade, entre outros parâmetros. Os indutores de ar são aditivos utilizados algumas vezes em argamassas, podendo ser benéficos para estas, pois aumentam a trabalhabilidade e a resistência aos ciclos gelo-degelo, e também nocivos, pois podem diminuir a resistência, a aderência e a impermeabilidade da argamassa, pelo que apenas se deve adicionar este tipo de aditivos em situações em que os benefícios tenham um papel bastante relevante relativamente aos inconvenientes. Os hidrófugos são mais utilizados, pois melhoram a estanqueidade do pano exterior da parede e a aderência da

argamassa. As juntas totalizam 20% a 25% da superfície visível da fachada em tijolo com face à vista e são, na maioria das vezes, a principal fonte de infiltrações de água nas caixas-de-ar. Antes de se iniciar com a construção das fachadas recomenda-se, como já foi referido anteriormente, a realização de um ensaio de interação entre as argamassas aditivadas e os tijolos com face à vista através da construção de um murete de prova, pois existe a possibilidade de ocorrerem reações entre estes materiais que podem provocar eflorescências, manchas ou alterações de cor.

Todas as escolhas necessárias para a realização de uma argamassa devem ser feitas tendo em conta as características específicas de cada aplicação. Por exemplo, no caso de tijolos com baixa absorção e/ou hidrofugados é preciso ter em atenção que não existe uma percentagem de água significativa absorvida pela peça cerâmica, obrigando assim a que a argamassa tenha menos quantidade de água. Esta diminuição da água de amassadura retira trabalhabilidade ao material, sendo necessário, para colmatar isto, utilizar-se uma maior percentagem de agregados finos, maior quantidade de cal e aditivos, nomeadamente plastificantes.

Outro fator extremamente relevante a ter em conta nas escolhas para realizar uma argamassa é o teor de sais dos componentes, de maneira a evitar a ocorrência de eflorescências no futuro. Visto que a componente estética é um dos aspetos mais importantes na valorização de uma fachada em tijolo com face à vista, as eflorescências constituem um problema particularmente importante. Este tema das patologias vai ser aprofundado em capítulos seguintes. Um aspeto importante para garantir um resultado final com qualidade é a uniformidade da composição da argamassa durante a execução de toda a fachada.

5.3.5. CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

- **Resistência:** as argamassas que se destinam a serem aplicadas em paredes sem funções estruturais de tijolo com face à vista não devem apresentar uma resistência à compressão superior a 7,5 MPa. No caso de paredes resistentes deve existir uma correlação entre a resistência do tijolo com face à vista e a da argamassa, sendo que a resistência da argamassa nunca deve ser superior à do tijolo. O quadro 5.2 contém valores de resistências das argamassas em função dos seus traços, tendo em conta a norma espanhola UNE 83-800-94;

Tabela 5.2 – Composição e resistência segundo a norma espanhola UNE 83-800-94 [43]

Tipos de argamassa	Resistência característica (N/mm ²)	Partes de cimento	Partes de cal apagada	Partes de cal hidráulica	Partes de areia
M-2,5 a	2,5	1	-	-	8
M-2,5 b	2,5	1	2	-	10
M-2,5 c	2,5	-	-	1	3
M-5 a	5	1	-	-	6
M-5 b	5	1	1	-	7
M-7,5 a	7,5	1	-	-	8
M-7,5 b	7,5	1	$\frac{1}{4}$	-	10
M-15 a	15	1	-	-	3
M-15 b	15	1	$\frac{1}{4}$	-	3

- **Aderência:** a aderência existente entre o tijolo e a argamassa depende da composição desta, do tijolo e também da qualidade da aplicação em obra destes materiais. Quanto melhor for a aderência argamassa-tijolo, melhor resistência global e maior impermeabilidade serão apresentadas pelas fachadas.
- **Traço:** na tabela 5.3 são apresentados alguns traços sugeridos pela Cerâmica Vale da Gândara. Esta informação é apenas informativa e não dispensa a realização de ensaios em obra e cujo desempenho depende da qualidade dos materiais, do processo de amassadura e do correto doseamento dos componentes.

Tabela 5.3 – Exemplos de traços de argamassas para assentamento de tijolo com face à vista

Traço	Cimento	Cal	Areia	Saibro	Notas
1:1/7:5	1	1/7	3	2	-
1:1:10	1	1	4 (lavada)	6	Bastarda e rústica
1:1/4:6	1	1/4	4	2	-
1:1:8	1	1	8	-	Bastarda para tijolo maciço
1:1/4:5	4	1	14	6	Bastarda
1:1/2:8	1	1/2	5	3	Bastarda
1:1/2:6	1 (branco)	1/2 (hidráulica)	6 (fina branca)	-	Branca

Exceto em casos onde existam outras indicações, os constituintes de uma argamassa apropriados são:

- **Cimento:** portland composto, tipo II, classe 32,5;
- **Cal:** hidráulica HL5 ou cal hidratada;
- **Areia:** sempre não salinizada;
- **Saibro:** argiloso vermelho, crivado a 2 mm.

Recomenda-se também a aplicação de um hidrófugo, sempre segundo as percentagens indicadas pelo fabricante. A quantidade de água de amassadura nestes casos é sempre inferior do que nos casos de argamassas comuns, como por exemplo as utilizadas no assentamento de tijolo furado, podendo ser até 50% inferior, isto acontece devido às propriedades plastificantes de alguns dos seus constituintes.

5.3.6. GRAMPEAMENTO

Os panos exteriores de alvenaria em tijolo com face à vista são ancorados aos panos interiores da parede dupla por intermédio de elementos mecânicos, designados por grampos de ligação ou de ancoragem. Por vezes e como alternativa, em obra, utiliza-se arame zincado ou de aço para produzir grampos, procedimento este que não é recomendável, pois não existe qualquer controlo da qualidade da execução daqueles nem dos materiais utilizados. A figura 5.15 apresenta alguns tipos de grampos utilizados atualmente.

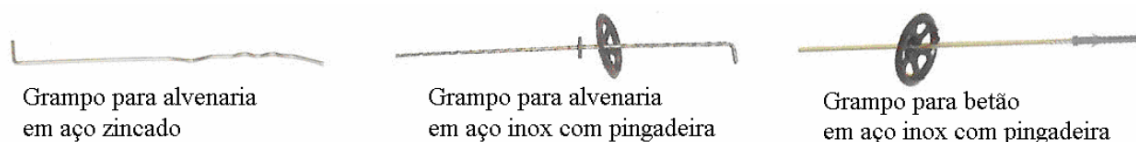


Figura 5.15 – Exemplos de grampos utilizados em Portugal, adaptado de [43]

De acordo com o manual técnico da Cerâmica Vale da Gândara [43], devem ser utilizados 5 grampos por metro quadrado e distribuídos uniformemente como ilustra a figura 5.16, estando presente em anexo um esquema mais completo. Em cunhais, proximidades de juntas de dilatação e junto aos vãos (ombreiras, padieiras, peitoris, etc) devem ser aplicados 3 grampos por metro linear (figura 5.17).

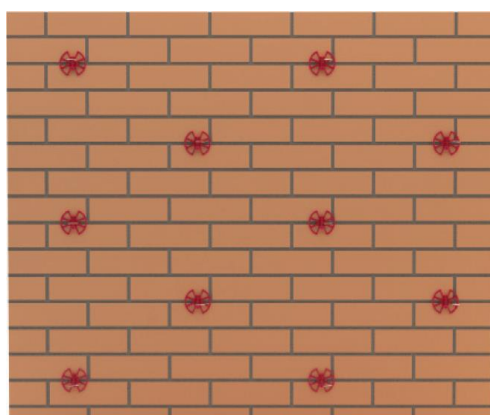


Figura 5.16 – Esquema de grampeamento do pano exterior de alvenaria em tijolo com face à vista [43]

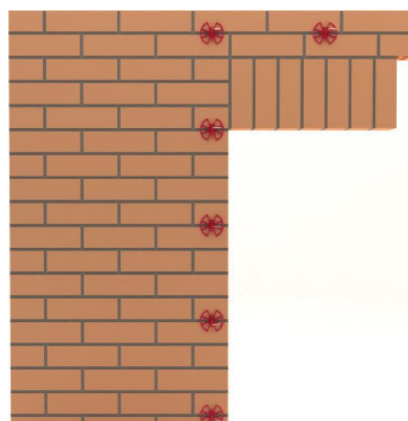


Figura 5.17 – Esquema de reforço do grampeamento [43]

Esta questão da quantidade de grampos a aplicar numa fachada não é consensual. Por exemplo, Brambilla [48] defende que o valor é 3,6 grampos por metro quadrado, através de uma metodologia de cálculo. Na tabela 5.4 são apresentados valores de alguns países.

Tabela 5.4 – Área e número de grampos em alguns países, adaptado de [48]

	Inglaterra	Bélgica	Países Baixos	Alemanha	EUA
Grampos/m ²	2,5 – 5*	5	4	5	2,5 – 3,7*
Secção dos grampos (mm ²)	15,9	12,6	10 – 12,6*	7,1 – 12,6*	15,9
Área total de grampo/m ² de parede (mm ²)	39,8 – 79,5*	48,3	50,4	35,5 – 63*	39,75 – 58,83*

*valores variam consoante a espessura da caixa-de-ar.

De modo a prevenir a ocorrência de fenómenos de corrosão, os grampos mais adequados a utilizar devem ser em aço inoxidável, com $\Phi \geq 3$ mm e munidos com pingadeira. Estes devem ser colocados nas juntas de argamassa no pano interior, como se pode verificar na figura 5.18 à esquerda. Em casos de panos interiores de outros materiais, como por exemplo betão armado, os grampos são inseridos em furos previamente executados e preenchidos com produtos de colagem de alta resistência (figura 5.18 à direita), adequados às cargas e a todas as outras solicitações que estes elementos venham a suportar. Na execução do pano exterior, os grampos devem ser colocados com o mínimo desvio possível do seu ponto de fixação relativamente ao pano interior, nunca ficando mais alto no pano exterior. A figura 5.19 ilustra as considerações geométricas a ter em conta na correta fixação dos grampos.

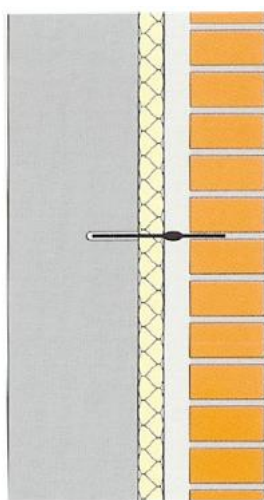
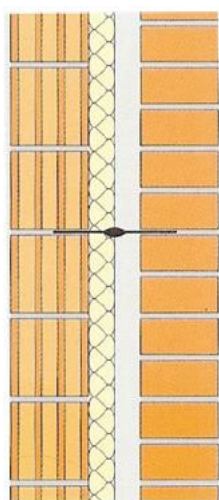


Figura 5.18 – Correta fixação de grampos em alvenaria de tijolo (esquerda) e em parede de betão armado (direita) [48]

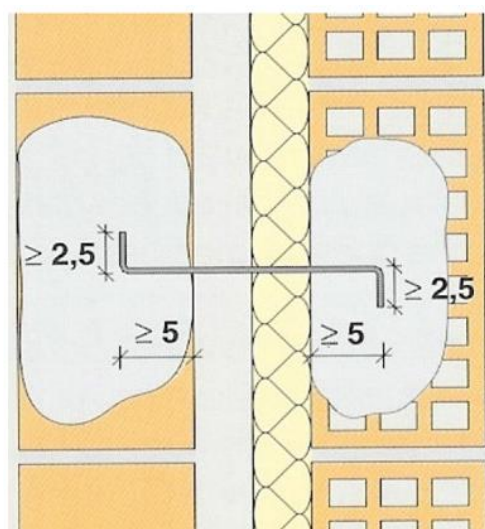


Figura 5.19 – Medidas mínimas recomendadas para a fixação de grampos [48]

Existem ainda casos especiais, como fachadas cuja execução não é totalmente vertical e em que os tijolos ficam salientes. Nestes casos a área de apoio é menor e pode colocar em causa a estabilidade da parede, sendo necessário utilizar-se peças de fixação especiais. Estes casos são muito raros em Portugal. As figuras 5.20 e 5.21 ilustram o caso descrito.

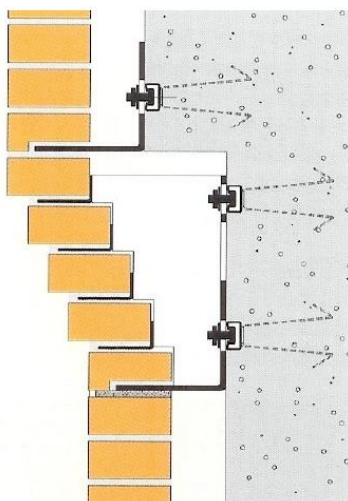


Figura 5.20 – Fixação de tijolo com face à vista em parede de betão com saliência [48]

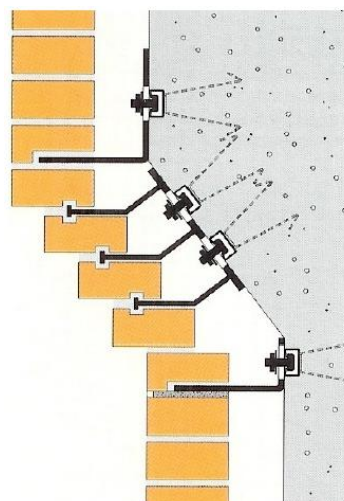


Figura 5.21 - Fixação de tijolo com face à vista em parede de betão oblíqua [48]

5.3.7. CAIXA-DE-AER E ISOLAMENTO TÉRMICO

Em Portugal, a solução mais utilizada é a parede dupla com isolamento térmico no interior da caixa-de-ar. O tijolo com face à vista também é aplicado com o mesmo sistema, havendo diferenças relativamente às paredes duplas tradicionais de tijolo furado.

O primeiro, e talvez o maior, obstáculo a esta aplicação é a limpeza da caixa-de-ar, que é essencial para garantir a ventilação, o escoamento da humidade ali acumulada e evitar a transmissão da humidade do pano exterior para o pano interior, devida à porosidade da argamassa. Existem vários procedimentos para se realizar a limpeza da caixa-de-ar. Uma possibilidade é deixar, a cada três tijolos, um por colocar na primeira fiada de tijolo com face à vista, para possibilitar a limpeza de porções de argamassa ou de outras impurezas que lá se depositem. Outra alternativa é a utilização de uma peça de madeira que ocupe a totalidade do espaço da caixa-de-ar, de maneira a impedir que a argamassa que cai se deposite nesta. Esta peça encontra-se suspensa (figura 5.22) e é retirada periodicamente para se remover a argamassa depositada na sua superfície. Os grampos, além de tornar mais difícil este procedimento, dificultam também a aplicação das placas de isolamento de poliestireno extrudido, contudo proporcionam uma melhor fixação das placas ao pano interior da parede (figura 5.23). As placas de isolamento devem ser furadas previamente nas zonas onde vão intercalar os grampos, e não ser forçadas contra estes, pois se isto ocorrer pode danificar tanto os grampos, como as placas. Estes furos e também as juntas entre as placas devem ser devidamente preenchidas com material selante, de forma a não colocar em causa o desempenho térmico do isolamento. Nestes casos de paredes duplas em que o pano exterior é realizado em tijolo com face à vista, o isolamento mais adequado é o poliuretano projetado. A aplicação deste é normal, tendo apenas que haver o cuidado de se limpar os grampos a seguir, de modo a que a aderência com a argamassa da junta de tijolo com face à vista não seja afetada. O poliuretano projetado, quando aplicado, não deve ficar muito tempo exposto à luz solar, para evitar a sua degradação e consequente perda de eficiência. Este cria uma camada impermeabilizante que protege o pano interior da humidade

presente na caixa-de-ar. No caso do poliestireno extrudido é necessário executar um reboco hidrófugo na face do pano interior em que vai ser aplicado o isolamento.

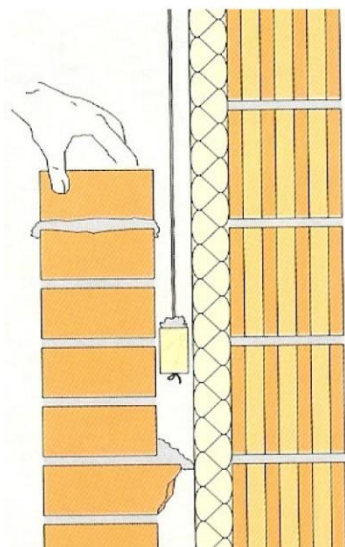


Figura 5.22 – Sistema para manter a caixa-de-ar limpa e perigo de colocação de tijolos mal cortados [48]

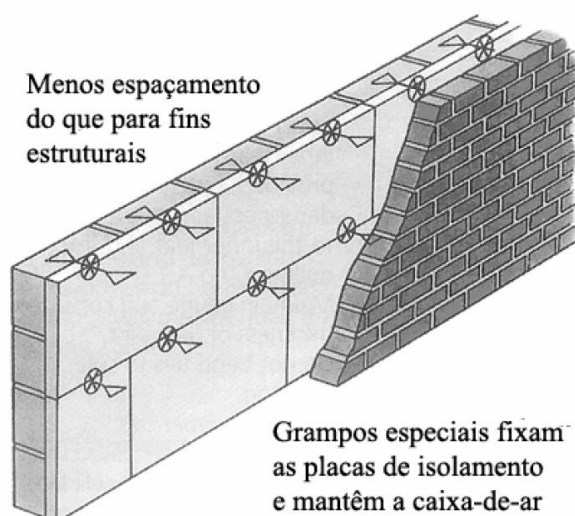


Figura 5.23 – Grampos com sistema de fixação das placas de isolamento térmico ao pano interior [47]

Na base da caixa-de-ar deve efetuar-se uma caleira para que a humidade lá presente seja escoada para o exterior da parede. Esta caleira é normalmente uma meia cana (figura 5.24) ou um quarto de cana, executada em argamassa hidrófuga e revestida com uma membrana impermeável. É imperativa a ausência de fissuração na caleira, pois esta é a zona da caixa-de-ar mais suscetível de entrar em contato com a humidade e também é a zona mais provável de ocorrência de infiltrações, devido a ser uma ligação entre o pano exterior e o pano interior. Para que não hajam obstáculos ao escoamento da humidade para o exterior da parede, devem ser deixadas juntas verticais vazias com um espaçamento máximo de um metro (geralmente uma junta por preencher a cada quatro tijolos) na primeira fiada de tijolo, ao nível da caleira (figura 5.25). Outra alternativa é a substituição de tijolos por grelhas de ventilação em aço inox, podendo estas serem pintadas da cor do tijolo. Estas aberturas para o escoamento da humidade contribuem também para a ventilação da caixa-de-ar.

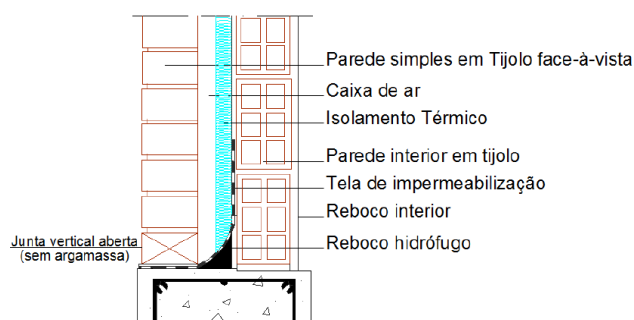


Figura 5.24 – Corte da zona da caleira para escoamento de uma parede dupla de tijolo com face à vista [49]

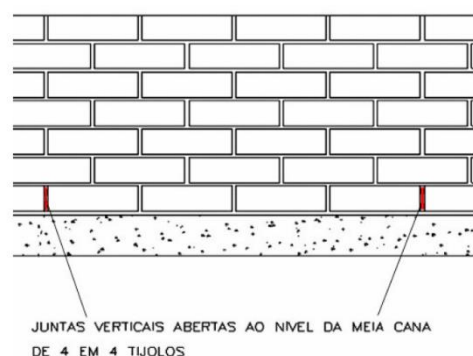


Figura 5.25 – Juntas para escoamento (4 em 4 tijolos) [49]

Existem ainda alternativas às caleiras apresentadas, podendo-se executar outras formas (figura 5.26) ou até não se executar qualquer caleira e aplica-se uma membrana isolante devidamente executada (figura 5.27).

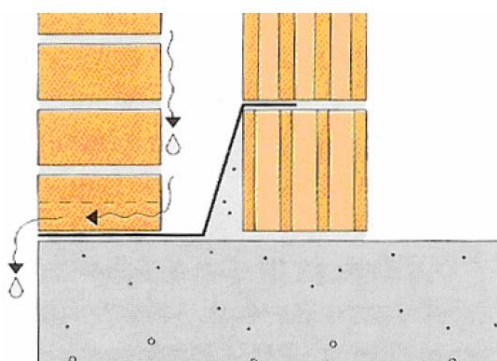


Figura 5.26 – Caleira triangular revestida com membrana isolante [48]

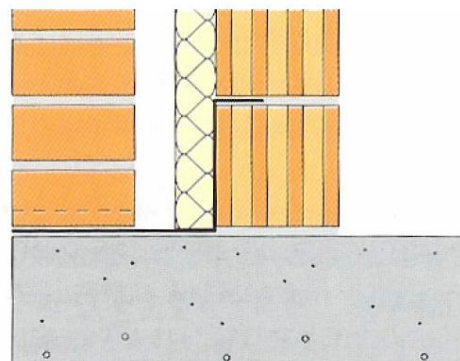


Figura 5.27 – Ausência de caleira de escoamento, colocando-se apenas uma membrana isolante [48]

5.3.8. JUNTAS DE DILATAÇÃO

As juntas de dilatação, ou de movimento, têm como finalidade evitar a fissuração das fachadas, que ocorre devido à ação da humidade e à variação da temperatura. Estas juntas apenas são executadas no pano exterior das paredes, pois é o pano que sofre maiores variações térmicas entre o dia e a noite. Nos casos de existência de isolamento térmico entre os dois panos, a variação da temperatura do pano interior e o calor do interior do edifício não têm qualquer influência no pano exterior, pelo que este apenas fica sujeito às variações térmicas diária e sazonal.

As juntas de dilatação devem-se distanciar entre 10 a 15 metros, podendo atingir um afastamento máximo de 25 metros. Estes valores variam consoante a localização geográfica, as amplitudes térmicas dos locais, a exposição solar e as propriedades do tijolo utilizado. Como exemplo, o tijolo sílico-calcário requer valores de afastamento da ordem dos 6 metros [47].

Em termos de espessura, as juntas devem ter entre 10 e 20 mm [47] e a sua localização deve ser estabelecida tendo em conta as necessidades de expansão nos pontos críticos e a preservação da estética das fachadas. As juntas verticais podem ser mais retilíneas (figura 5.28 à direita) ou podem acompanhar

o traçado das juntas de assentamento da restante fachada (figura 5.28 à esquerda), sendo que o primeiro tipo é o mais comum visto que é de execução mais fácil. A figura 5.29 mostra um caso real de execução de uma junta que acompanha a disposição das juntas de assentamento.

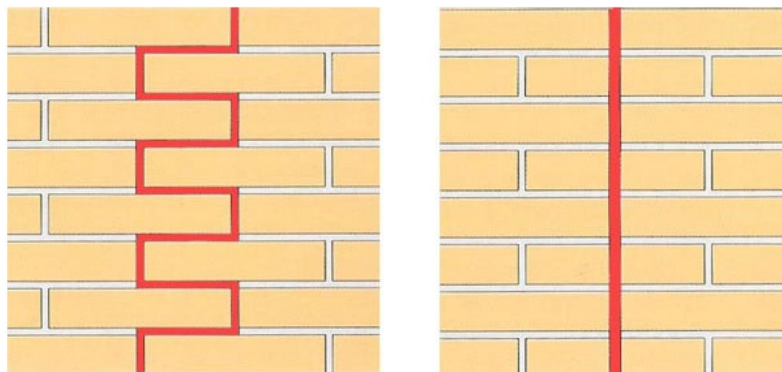


Figura 5.28 – Dois tipos de junta vertical, acompanhando a disposição das juntas (esquerda) e através de corte vertical (direita) [48]



Figura 5.29 – Exemplo real de junta acompanhando a disposição das juntas de assentamento [48]

Como já foi referido, a localização das juntas depende de vários fatores. A figura 5.30 ilustra a maneira como se devem distribuir as juntas de dilatação em fachadas de edifícios, em função da exposição solar. A fachada mais afetada pelas variações térmicas é a Oeste, pois esta é atingida pelo sol mais diretamente ao final do dia, altura em que a temperatura ambiente ainda é alta. A segunda mais afetada é a fachada Sul, devido à Europa se localizar no hemisfério Norte, sofrendo a ação de uma radiação considerável durante todo o dia. Quanto à fachada Este, embora sofra uma incidência mais direta da radiação solar, esta ocorre durante a parte da manhã quando a temperatura ambiente ainda é baixa, sendo então a terceira fachada com uma variação térmica maior. Por último, a fachada que recebe menos exposição solar e a que sofre menores variações de temperatura relativamente à noite é a fachada Norte [50].

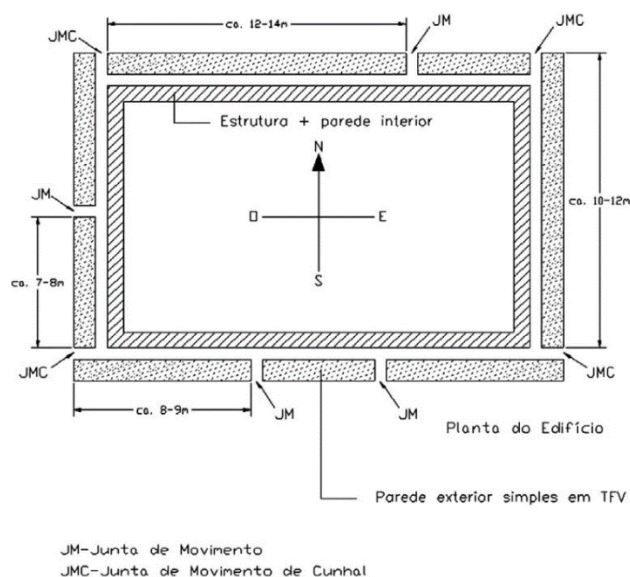


Figura 5.30 – Distribuição das juntas de dilatação [49]

Outros locais que devem incluir juntas são as zonas das fachadas que são intercetadas por elementos com dimensões significativas e com diferenças de rigidez e de coeficiente de variação térmica de tal forma, que o seu comportamento diferencial provoque tensões demasiado elevadas para aquilo que os materiais constituintes da fachada possam aguentar. Nesta descrição, enquadram-se as aberturas para portas e janelas (figura 5.31). A título de exemplo, a rigidez das pedras que constituem o peitoril utilizadas originam fissuras nos cantos inferiores das janelas. Existe uma forma de executar as juntas de dilatação para prevenir esta situação, que está ilustrada na figura 5.32.



Figura 5.31 – Fissura num canto inferior de um vão de janela [49]

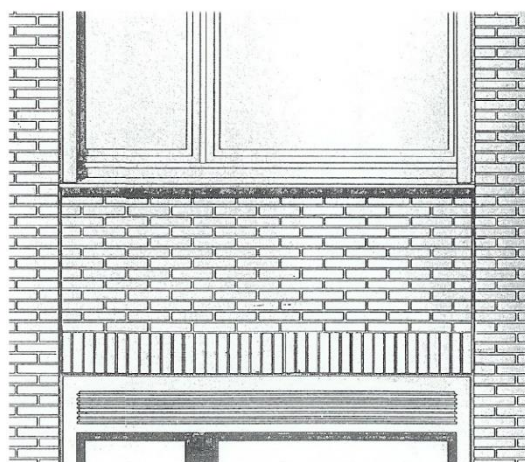


Figura 5.32 – Forma de execução de juntas de dilatação em zona de vão [50]

As juntas situadas em cunhais constituem um problema particular, por falta de aceitação por parte dos projetistas. Os arquitetos consideram que os cunhais executados apenas em tijolo são elementos essenciais do ponto de vista estético. Acredita-se que com a omissão de alguns grampos nas proximidades dos cunhais, consegue-se evitar a execução de uma junta [50]. Esta passava a ser executada a uma distância a rondar os 1,5 metros do cunhal. Contudo, este procedimento não é viável, pois a legislação, neste caso alemã (DIN 1053), que é de onde Portugal tira recomendações de aplicação,

exige que sejam colocados três grampos por metro linear em zonas como cunhais. Em Portugal, as juntas de cunhal não têm muito boa reputação, pois sempre que possível, a ocultação das mesmas resulta em fachadas melhores do ponto de vista estético [49]. Em pequenas habitações, aproveitam-se os tubos de queda de drenagem de águas pluviais para esconder as juntas.

O modo de execução das juntas consiste em preencher com peças de madeira o espaço necessário para a junta, sendo estas peças posteriormente retiradas para se proceder à colocação do material da junta. Este material com que a junta vai ser preenchida deve ficar pelo menos 20 mm reentrante, para permitir que a junta seja fechada com material apropriado que confira a resistência, elasticidade e aderência necessárias para o que é exigido naquela parte da fachada. Em casos de juntas verticais, é muito importante garantir a total verticalidade das mesmas. A figura 5.33 ilustra as condições dimensionais a executar no fecho das juntas e a figura 5.34 mostra como se executa a parede, deixando vazios os espaços a preencher pela junta.

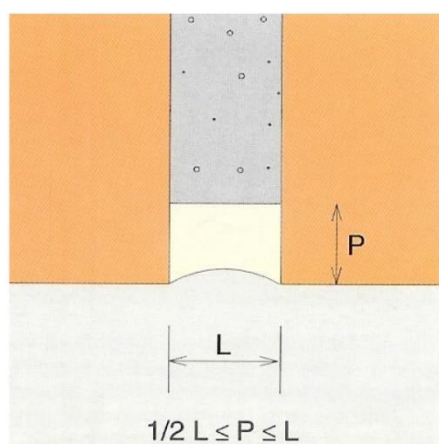


Figura 5.33 – Condições dimensionais para o fecho da junta [48]

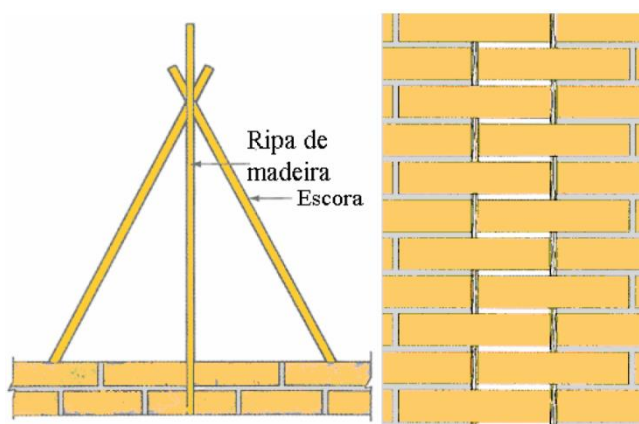


Figura 5.34 – Modo de execução de parede em zonas de junta de dilatação [47] [48]

Existe ainda outro tipo de aplicação, que são as juntas de dilatação horizontais. Este tipo de juntas são menos frequentes e executam-se, maioritariamente, em alvenaria com funções estruturais [50]. As juntas devem estar constantemente pressionadas, apertadas e bem seladas, podendo ser pintadas caso a coloração do material de preenchimento das juntas não esteja de acordo com as exigências estéticas do edifício.

5.3.9. PEÇAS ESPECIAIS

Nas fachadas existem zonas que apresentam uma maior especificidade, tais como os vãos das aberturas (portas e janelas). Nestas zonas, são necessárias peças cerâmicas com características mais ou menos diferenciadas de um tijolo comum. Em Portugal, ainda não existe muito por onde optar no que a estas peças diz respeito, necessárias para uma correta execução dos pontos da fachada referidos.

O que se faz atualmente em Portugal, é executar os vãos sobre as portas e janelas betão armado e revestir estes com plaquetas cerâmicas, sendo por vezes aproveitada alguma da resistência das caixas de estore. Outra solução que também se pode executar, é armar a alvenaria do vão. A forma mais adequada de executar estes pontos específicos das fachadas é recorrer a sistemas de sustentação próprios, utilizando

tijolos destinados à aplicação destes mesmos sistemas. A figura 5.35 ilustra a sequência de execução dos vãos utilizando este sistema.

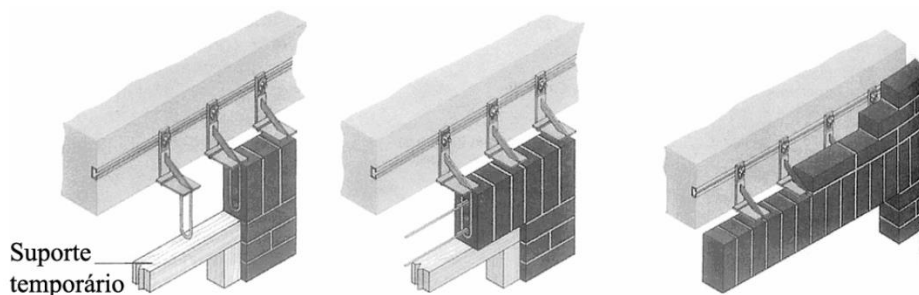


Figura 5.35 – Sistema de suspensão para vãos de fachadas em tijolo com face à vista [47]

Noutros países, existem várias peças cerâmicas com formatos variados disponíveis no mercado, como por exemplo tijolos curvos com diferentes ângulos, tijolos de cantos cortados, de cantos arredondados, de faces oblíquas, entre muitos outros. O mercado português é ainda escasso, sendo o mais comum encontrar-se peças de forra, semelhantes a plaquetas cerâmicas, mas com garras destinadas à forma de aplicação descrito anteriormente.

5.3.10. ARMADURAS

A aplicação de armadura nas alvenarias é usada, maioritariamente, em casos de alvenaria estrutural. Quando se aplica armadura em alvenarias sem funções estruturais, vai-se melhorar o desempenho da fachada, nomeadamente a sua resistência face à fissuração. Estas armaduras devem ficar situadas em pontos onde se espera que hajam tensões na alvenaria superiores à resistência da fachada. Isto acontece sempre que existam cantos côncavos na fachada, ou seja, todas as aberturas poligonais devem ser reforçadas com armadura, bem como descontinuidades existentes ao longo da fachada. Estas referidas zonas com necessidade de reforços são zonas onde deveriam existir uma junta de dilatação, mas que não foi implementada por motivos estéticos ou apenas por opção do projetista. Na tentativa de minimizar os efeitos resultantes da ausência da junta, aplica-se armadura (como em cunhais, por exemplo). A figura 5.36 apresenta as três situações mais frequentes de fissuração e onde devem ser aplicadas as armaduras.

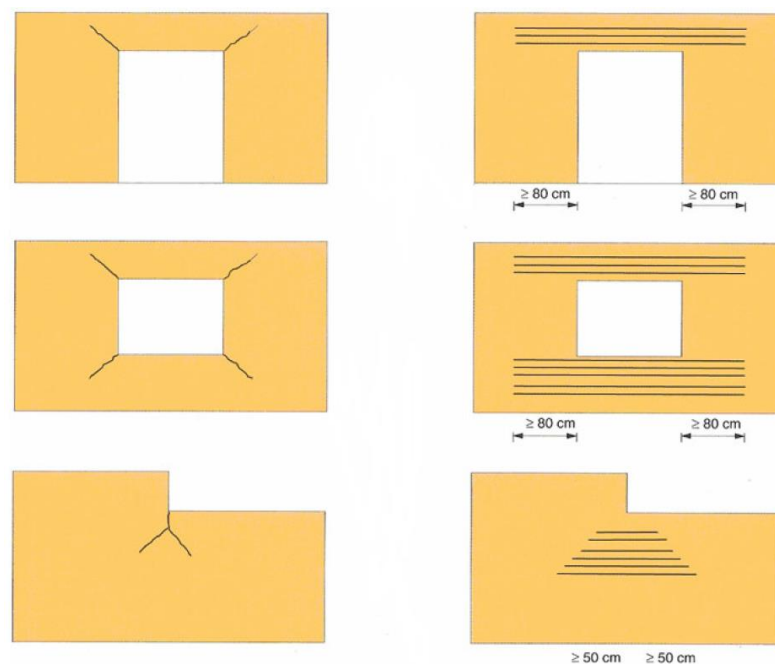


Figura 5.36 – Zonas com maior probabilidade de sofrerem fissuração e disposição das respectivas armaduras [48]

A aplicação das armaduras deve ser realizada no seio das juntas de assentamento, obedecendo às disposições geométricas ilustradas na figura 5.37.

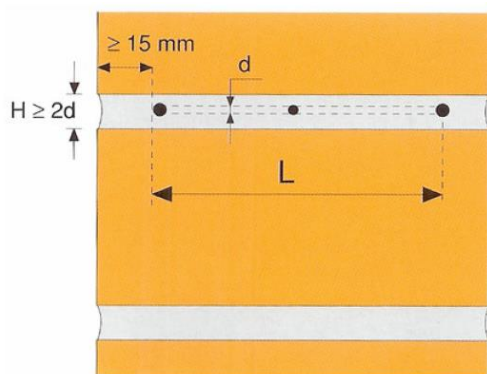


Figura 5.37 – Disposições geométricas da armadura face à espessura da junta [48]

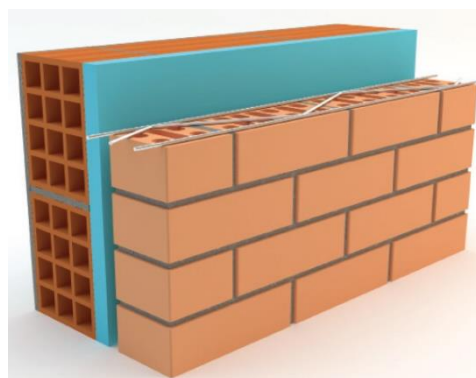


Figura 5.38 – Aplicação de armadura em alvenaria de tijolo com face à vista [43]

As armaduras devem ser de aço zincado ou inox e a argamassa de assentamento não deve ser muito rígida (não deve conter muito cimento), de modo a não ter um comportamento demasiado frágil. A implantação das armaduras não deve ser executada na mesma linha horizontal, mas sim alternando a posição dos empalmes das armaduras em juntas horizontais sucessivas.

5.3.11. IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE DA PAREDE

A humidade ascensional pode ser muito nociva para as fachadas, afetando o seu desempenho. Para a evitar na aplicação de tijolo com face à vista, deve-se garantir a impermeabilização da parede, em relação ao solo e às fundações. Esta impermeabilização pode ser efetuada de duas maneiras: através da aplicação de membranas (figura 5.39) próprias para o efeito no seio das juntas horizontais de tijolo com face à vista, nunca a uma distância inferior a 15 cm do nível do solo; ou podem aplicar-se tijolos específicos para esta situação nas duas primeiras fiadas com argamassa rica em cimento, constituindo também uma barreira eficaz contra a humidade ascensional. As membranas requerem um maior cuidado. Estas devem ocupar a totalidade da junta, sobre uma primeira camada de argamassa. É recomendado a passagem de um tijolo sobre a membrana, à medida que esta se vai desenrolando, de forma a promover uma melhor aderência para com a argamassa. De seguida, é colocada uma segunda camada de argamassa sobre a membrana e, após este procedimento, a aplicação do tijolo com face à vista executa-se normalmente. Os empalmes de membrana, sempre que sejam necessários, devem ser de 10 cm [48]. Como já foi referido, a correta aplicação da membrana é de extrema importância, pois se for aplicada incorretamente pode originar fissuras nas juntas (figura 5.40c) ou retenção de argamassa no interior da caixa-de-ar (figura 5.40a), podendo gerar pontes de humidade.



Figura 5.39 – Membrana DCP (Damp-proof courses) [48]

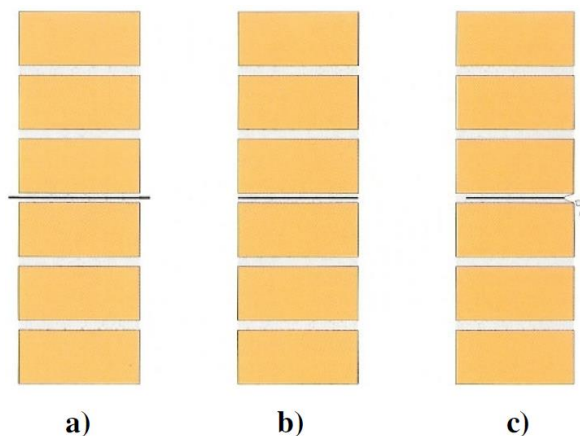


Figura 5.40 – Aplicação correta (b) e errada (a e c) da membrana [48]

Em terraços, o mais comum é aplicar-se uma membrana contínua (figura 5.41 e 5.42). Nestes casos, é preciso ter em atenção que em aplicações do tipo da figura 5.38, o tijolo deve ter uma zona de apoio na estrutura resistente de, pelo menos, 2/3 da sua base. Deve servir de complemento a todo este processo, a impermeabilização das fundações e da base do pano interior da parede.

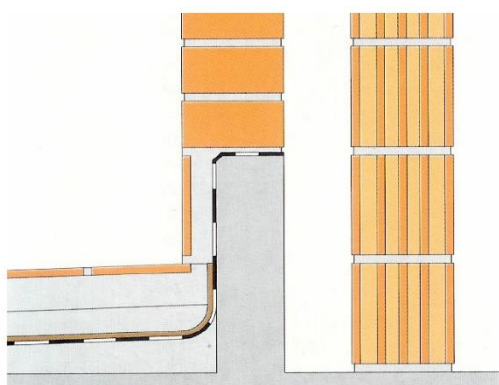


Figura 5.41 – Impermeabilização sem saliência na parede [48]

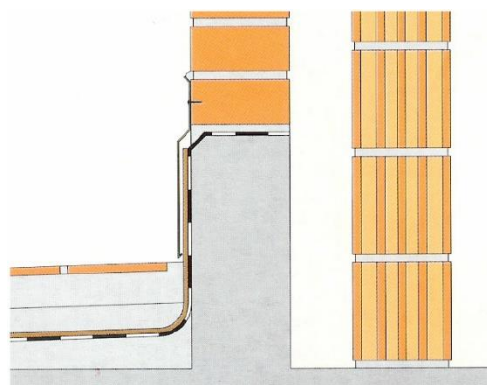


Figura 5.42 - Impermeabilização com saliência na parede [48]

5.3.12. IMPERMEABILIZAÇÃO DAS ABERTURAS DA FACHADA

À semelhança do que foi descrito no ponto anterior, deve-se aplicar o mesmo tipo de membranas nas aberturas da fachada, como as portas e janelas. A estrutura das portas e janelas deve sempre ser fixa ao pano interior da parede. Tendo em conta o tipo de solução construtiva utilizada, os topos exteriores dos tijolos com face à vista ficam mais ou menos cobertos. Independentemente da quantidade de tijolo que fique protegida, haverá sempre uma parte sujeita à humidade exterior que terá uma ligação ao pano interior. Se esta ligação for feita em argamassa, poderá conduzir a uma ponte de humidade. Para evitar isto, coloca-se uma membrana impermeável no interior da caixa-de-ar, contra a parede exterior, garantindo assim a quebra da referida ponte de humidade. Deve-se aplicar membranas também na parte superior e inferior, como se pode verificar na figura 5.43 e 5.44. Existem outras maneiras de se quebrar estas pontes de humidade, mas devem ser sempre baseados na impermeabilização da ligação entre os dois panos da parede. Em Portugal, não é habitual a aplicação deste tipo de membranas.

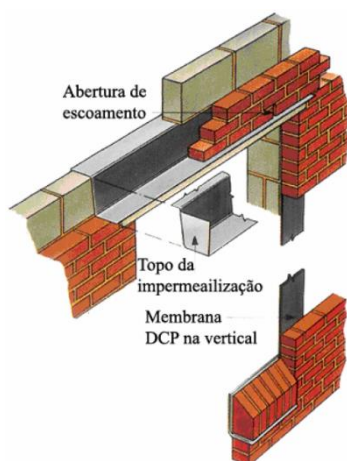


Figura 5.43 – Solução de impermeabilização de vão [48]

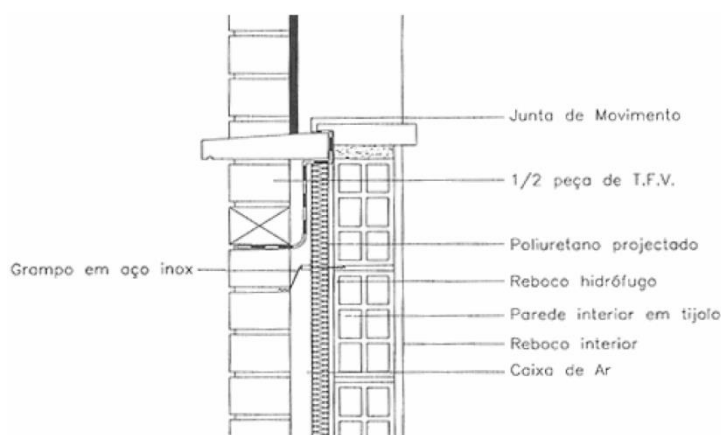


Figura 5.44 – Solução de impermeabilização em zona de peitoril [43]

5.3.13. ACABAMENTO

A realização da limpeza da fachada durante a sua execução é essencial para garantir um bom acabamento final do ponto de vista estético. Deve-se fazer uma primeira limpeza da face dos tijolos a cada 6 ou 7 fiadas executadas. Esta limpeza deve ser efetuada com uma escova, e nunca com esfregões metálicos ou esponjas húmidas. No final, com a fachada concluída e a argamassa das juntas já seca, deve-se proceder à lavagem total daquela, utilizando água corrente em abundância sob pressão. Visto que nas paredes de tijolo com face à vista, a componente estética do produto final é porventura a mais relevante, é muitas vezes necessário utilizarem-se produtos de limpeza específico para estes tipos de fachadas. Estes produtos aplicam-se após um prévio humedecimento da fachada, sendo o procedimento complementado com a aplicação de água sob pressão em abundância de modo a que o produto de limpeza seja totalmente removido. Antes deste procedimento com a água sob pressão, esta deve ser ensaiada de forma a não se danificar as juntas. Nunca se deve utilizar ácido clorídrico, pois este reage com a argamassa. Já o ácido nítrico só deve ser utilizado se se tiver a certeza que este não provoca a oxidação dos tijolos da fachada, o que leva a alterações na cor. Este processo de limpeza deve começar sempre de cima para baixo.

Depois da fachada se encontrar já limpa e totalmente seca, pode-se aplicar um hidrorrepelente estável e duradouro específico para tijolo com face à vista, de modo a melhorar a estanquidade da fachada. Este hidrorrepelente deve ser aplicado de acordo com as instruções do fabricante, de modo a não provocar manchas por escorrimento. Além disto, não deve ser impermeável ao vapor de água e também não deve ser gorduroso. Existem ainda outros produtos que se aplicam nos primeiros 2,5 metros da fachada, que servem para minimizar os estragos resultantes de eventuais atos de vandalismo, como por exemplo pinturas.

5.3.14. FACHADAS VENTILADAS

Para além das fachadas tradicionais já descritas, o tijolo com face à vista permite também uma aplicação em fachada ventilada. Este tipo de fachadas tem como principais vantagens a melhoria do isolamento térmico, da estanquidade e da estabilidade. Relativamente às fachadas tradicionais de tijolo furado, as ventiladas apresentam vantagens evidentes na proteção dos edifícios no que diz respeito aos efeitos desfavoráveis dos agentes atmosféricos mais influentes no conforto humano: calor, frio, vento e chuva. O aspeto final deste tipo de construção é semelhante ao tipo de construção tradicional, pois os elementos estruturais encontram-se ocultos. As fachadas ventiladas são constituídas por [43]:

- **Parede exterior contínua em tijolo com face à vista**, que não se apoia diretamente na estrutura do edifício;
- **Caixa de ar ventilada** e contínua em todo o desenvolvimento da fachada, cuja função é evitar a formação de pontes de humidade do exterior para o interior e evacuar as condensações através da sua ventilação;
- **Isolamento térmico**, que deve ser aplicado sobre a parede interior;
- **Parede interior** apoiada diretamente na estrutura do edifício, cujo objetivo é fechar o espaço interior e servir de suporte à parede exterior, à qual fica ligada por intermédio de grampos.

Existem no mercado muitos acessórios próprios para a execução deste tipo de fachadas (figura 5.45).



Figura 5.45 – Sistemas de sustentação presentes no mercado nacional [43]



Figura 5.46 – Sistema de fixação na base da fachada [43]

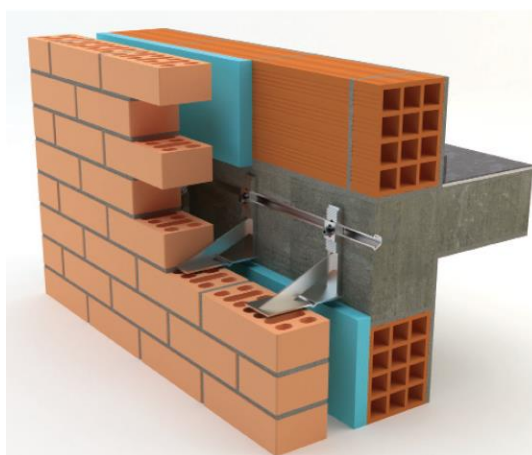


Figura 5.47 – Sistema de fixação a meio da fachada [43]

Utilizando as disposições construtivas apresentadas nos pontos anteriores deste capítulo e aplicando estes sistemas de suporte das fachadas, é possível executar-se esta solução de fachada ventilada. A função destes acessórios é absorver parte das tensões que os tijolos situados abaixo suportam, que são devidas ao peso próprio da parede. Estes acessórios devem ser aplicados em edifícios altos e em todos os pisos, independentemente do nível de ventilação da fachada. Deve ser efetuado um cálculo estrutural cuidado para determinar com rigor a quantidade e a disposição destes acessórios.

5.3.15. CONCLUSÕES

A descrição técnica de execução de fachadas em tijolo com face à vista apresentada não foi a mais exaustiva possível, sendo que foram focados os aspetos mais relevantes, e não todos os existentes a ter em conta, na execução deste tipo de fachadas. Existem outros tipos de fachadas em tijolo com face à vista, nomeadamente com este a funcionar apenas como revestimento cerâmico de paredes, sendo que este caso é muito raro em Portugal em comparação com o apresentado. O principal objetivo deste capítulo foi focar as singularidades destas fachadas relativamente às fachadas tradicionais de tijolo furado, que são as mais comuns em Portugal.

5.4. EXIGÊNCIAS DAS PAREDES EM TIJOLO COM FACE À VISTA

A decisão da solução construtiva a aplicar num edifício deve ser baseada principalmente nas exigências funcionais das paredes de alvenaria. Estas exigências dependem, geralmente, do tipo de uso do edifício, das restantes soluções construtivas e da sua localização. Existem três grandes grupos de exigências [45]:

- Exigências de segurança;
- Exigências de saúde e conforto;
- Exigências de economia.

A análise destes grupos realizada de seguida será baseada novamente na solução construtiva praticamente exclusiva em Portugal, que é a parede dupla com o pano exterior formado por tijolo com face à vista.

5.4.1. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA ESTRUTURAL

Uma parede de alvenaria deve ser dimensionada de modo a aguentar todo o carregamento a que poderá estar sujeita, tais como cargas permanentes, sobrecargas de utilização, vento, ações térmicas e ações acidentais [45].

Em Portugal, a alvenaria tem, quase exclusivamente, a função de enchimento, sendo que o tijolo com face à vista apresenta exigências estruturais semelhantes às do tijolo furado, com a diferença de o primeiro tipo de tijolo dar origem a uma parede com um peso próprio mais elevado. Existem também os casos em que o pano interior é estrutural e o exterior de enchimento, diferindo obviamente aqui as exigências. O pano interior será dimensionado de modo a suportar as cargas permanentes e as sobrecargas de utilização, enquanto que o pano exterior mantém a função de enchimento da parede, devendo apenas suportar as solicitações atuantes sobre o mesmo.

Normalmente, o pano exterior de tijolo com face à vista está ligado ao pano interior, levando a que os esforços perpendiculares ao plano da parede sejam absorvidos por ambos os panos. Entre as ações com esta direção, destacam-se o vento e as ações acidentais. As ações acidentais são, habitualmente, mais localizadas e de maior intensidade, conduzindo a diferentes solicitações nos dois panos da parede.

No caso das ações térmicas, estas têm maior impacto no pano exterior de tijolo com face à vista, pois este não tem qualquer revestimento, estando constantemente exposto às condições atmosféricas, sofrendo assim grandes variações térmicas.

5.4.2. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA AO FOGO

O nível de segurança ao fogo dos edifícios é avaliado com base nos materiais utilizados e nas medidas implementadas no dimensionamento dos edifícios que dificultam a propagação de um incêndio, facilitam a evacuação dos utentes e facilitam a ação das equipas de combate aos incêndios. Estas medidas a implementar nos edifícios dependem da sua tipologia e, no caso das paredes, a sua localização e função que desempenham. O Regulamento de Segurança Contra Riscos de Incêndio em Edifícios de Habitação (RSCIEH) – DL n° 64/90, artigo 5° do capítulo II define os pontos a ter em conta em paredes exteriores de edifícios como *“A caracterização das paredes exteriores face ao fogo deve ser feita em termos do risco de propagação do incêndio entre pisos sucessivos e ter em conta, nomeadamente, a constituição das paredes, as suas ligações aos pavimentos, a disposição dos vãos nelas praticados e a eventual existência de elementos salientes ao plano da parede”*

Existem dois termos que interessam definir para a quantificação das exigências relativamente ao fogo [43]:

- **Reação ao fogo:** resposta dada por um material de construção na sua própria decomposição, como contribuição para o início ou desenvolvimento de um fogo, ou seja, é o eventual contributo desses materiais para a origem e propagação de um fogo. O RSCIEH classifica a reação ao fogo da seguinte forma:
 - Classe M0 – materiais não combustíveis (classe onde se insere o tijolo com face à vista);
 - Classe M1 – materiais não inflamáveis;
 - Classe M2 – materiais dificilmente inflamáveis;
 - Classe M3 – materiais moderadamente inflamáveis;
 - Classe M4 – materiais facilmente inflamáveis.
- **Resistência ao fogo:** propriedade de um elemento construtivo que lhe permite continuar a desempenhar a sua função, durante um determinado período de tempo, enquanto está sujeito a um aquecimento resultante do fogo de um incêndio. Existem, no RSCIEH, três classificações para este parâmetro:
 - Classes EF – estabilidade ao fogo;
 - Classes PC – para-chamas;
 - Classes CF – corta-fogo.

A tabela 5.5 apresenta as exigências mínimas de espessura para paredes de tijolo com face à vista (na tabela aparecem como tijolo maciço ou perfurado sem reboco) e para paredes de tijolo furado (tijolo furado com reboco).

Tabela 5.5 – Espessuras mínimas de paredes face às exigências contra incêndios, adaptado de [44]

	Espessura mínima de paredes de alvenaria (cm)									
	Não estruturais					Estruturais				
	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF
	30	60	90	120	180	30	60	90	120	180
Tijolo maciço ou perfurado sem reboco	7	7	11	11	22	11	11	22	22	22
Tijolo furado com reboco (e = 15 mm)	7	7	11	15	22	11	11	15	22	22

Com base na análise da tabela 5.5, pode-se retirar que, em alvenaria não estrutural, o tijolo com face à vista possui um desempenho ligeiramente superior (CF 120) e, em alvenaria estrutural, o tijolo furado apresenta um desempenho, também ligeiramente, superior (CF 90).

5.4.3. EXIGÊNCIAS DE SAÚDE E CONFORTO TÉRMICO

Neste ponto, os requisitos das paredes a ter em conta são a qualidade do ar, a preservação do espaço e o conforto térmico no interior dos edifícios. Todas estas características devem garantir a manutenção da temperatura interior das habitações com o mínimo consumo energético possível e evitar a ocorrência de condensações no interior das paredes, pois estas pioram a qualidade do ar e afetam a durabilidade dos elementos construtivos. Segundo o REH (Regulamento dos Edifícios de Habitação, que vigora desde

o dia 1 de Dezembro de 2013), as paredes tradicionais de pano duplo de tijolo furado com isolamento térmico no interior deixam de cumprir novas exigências que aquele regulamento inclui, como por exemplo a de “nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente, incluindo zonas de ponte térmica plana, nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore, pode ter um valor de U (coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente em $W/m^2 \cdot ^\circ C$), calculado de forma unidimensional na direção normal à envolvente, superior ao dobro do dos elementos homólogos (verticais ou horizontais) em zona corrente” [51]. Os elementos estruturais, como as vigas e pilares necessitam de um tratamento especial, pois o seu U é muito baixo comparativamente ao da alvenaria, devido à aplicação de isolamento térmico naquela. Para isto, é necessário aplicar novas soluções construtivas com o objetivo de melhorar o desempenho térmico dos elementos estruturais das fachadas. Nos casos de paredes em tijolo com face à vista, não há nenhuma alteração devida a este novo requisito, pois o isolamento é colocado continuamente em todo o desenvolvimento da fachada. Esta aplicação contínua do isolamento térmico permite também combater a grande maioria das pontes térmicas existentes nas fachadas. Este assunto das pontes térmicas (figura 5.48) é bastante relevante e ganhou mais atenção no já referido novo RCCTE.

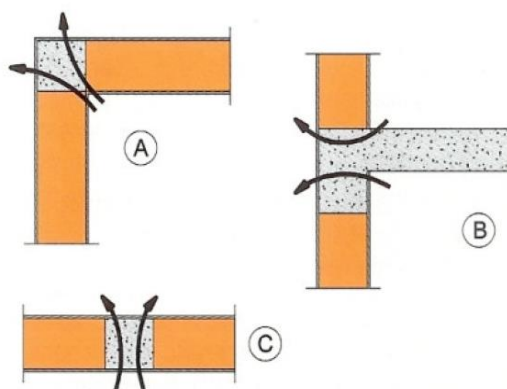


Figura 5.48 – Pontes térmicas mais frequentes [52]

Quando analisado individualmente, o tijolo com face à vista é um material que apresenta piores propriedades térmicas, como se pode verificar na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Resistências térmicas ($m^2 \cdot ^\circ C/W$) de paredes simples de tijolo, adaptado de [53]

Tipo de tijolo	Espessura da alvenaria (cm)	
	7	11
Vazado (normal)	0,15	0,21
Perfurado	-	0,15
Maciço	0,11	0,14

Na tabela 5.7 pode-se verificar que, na solução apresentada, o tijolo com face à vista leva a uma redução de cerca de $0,028 W/m^2 \cdot ^\circ C$ no coeficiente de transmissão térmica da parede. Contudo, as vantagens que este tipo de solução proporciona ao nível do tratamento das pontes térmicas faz com que aquela pequena diferença seja ainda menos notada.

Tabela 5.7 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de duas soluções de alvenaria, com base no RCCTE [EC6]

Solução de tijolo furado		Solução de tijolo com face à vista	
Materiais	R (m ² .°C/W)	Materiais	R (m ² .°C/W)
Estuque tradicional	0,0125	Estuque tradicional	0,0125
Reboco interior	0,0130	Reboco interior	0,0130
Tijolo furado (7 cm)	0,1500	Tijolo furado (7 cm)	0,1500
Wallmate cw-A (3 cm)	1,0714	Wallmate cw-A (3 cm)	1,0714
Caixa-de-ar (5 cm)	0,1800	Caixa-de-ar (5 cm)	0,1800
Tijolo furado (11 cm)	0,2100	Tijolo perfurado (11 cm)	0,1500
Reboco exterior	0,0174	Reboco exterior	-
Rse (Resistência térmica superficial exterior)	0,0400	Rse (Resistência térmica superficial exterior)	0,0400
U (W/m².°C)	0,5902	U (W/m².°C)	0,6184

5.4.4. EXIGÊNCIAS DE CONFORTO ACÚSTICO

As paredes exteriores constituem a maior barreira ao ruído exterior. Este é quase sempre inevitável, sendo então de extrema relevância para a qualidade de vida dos utentes, um isolamento sonoro eficaz. O Regulamento Geral do Ruído (RGR) divide zonas com diferentes níveis de ruído, que levam a necessidades de isolamento diferentes. Estas necessidades podem ainda ser influenciadas pelos tipos de uso dos edifícios.

À partida, o tijolo com face à vista seria um material mais isolante do que o tijolo furado, devido à sua maior massa por unidade de área de fachada. Contudo, a massa das argamassas de reboco melhora o isolamento da solução de tijolo furado. Apenas efetuando ensaios aos dois materiais permitiria afirmar qual é que apresenta melhor desempenho acústico. Existem tijolos com desempenho acústicos melhorados, como se exemplifica na figura 5.49.

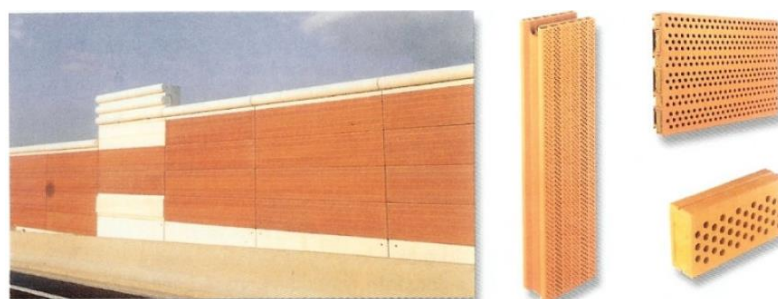


Figura 5.49 – Tijolo de elevada absorção acústica [44]

Além desta preocupação com o desempenho acústico por parte do tijolo constituinte das alvenarias, a maior fonte de passagem de ruído para o interior são os envidraçados. O elemento constituinte das fachadas com pior desempenho acústico é aquele que mais condiciona o nível de isolamento acústico total das fachadas, que são normalmente os envidraçados.

5.4.5. EXIGÊNCIAS DE ESTANQUIDADE

Garantir a estanquidade do edifício em relação ao meio circundante é função dos elementos da envolvente do edifício. As paredes devem evitar a penetração de água oriunda do exterior para o interior do edifício, assim como as humidades originadas pelas condensações internas das paredes. Existe ainda o caso de paredes em contato com o solo, que têm de evitar as humidades ascensionais, que penetram no interior da parede por capilaridade. Entende-se por um comportamento eficaz de uma parede, a capacidade que esta tem de expulsar de forma eficaz a humidade para o exterior do edifício, sem permitir que esta afete qualquer elemento construtivo.

Neste ponto, a solução com pano exterior em tijolo com face à vista tem desvantagem relativamente à solução com tijolo furado em ambos os panos, rebocado e pintado. Embora ambas as paredes sejam permeáveis, a solução em tijolo com face à vista não possui a primeira barreira à passagem da humidade, que é a tinta (ou outro revestimento exterior) e o reboco. Fica assim a função de garantir a estanquidade dos edifícios a cargo da face exterior do pano interior, o que é claramente insuficiente. A correta drenagem das águas acumuladas (estado gasoso ou líquido) é fundamental, sendo executada por meio de aberturas e caleiras situadas na base da parede, promovendo assim também a ventilação da caixa-de-ar. Contudo, esta ventilação não deve ser excessiva, pois pode comprometer o desempenho térmico das paredes.

5.4.6. EXIGÊNCIAS DE CONFORTO VISUAL E TÁTIL

Um dos pontos fortes da alvenaria em tijolo com face à vista é a componente estética. Este tipo de alvenaria deve ser constituído por tijolos cerâmicos de aspeto cuidado, sem imperfeições, com um padrão de execução exigente e com um acabamento das juntas com argamassa apropriada ao tipo de unidade de alvenaria. As paredes devem apresentar linhas regulares, quer sejam curvas ou retas, e devem estar livres de eflorescências e outras deposições de material proveniente do seio das paredes. As arestas e as superfícies devem estar livres de imperfeições. Muito mais neste caso do que no caso do tijolo furado, o processo de seleção para aplicação em obra deve ser de grande rigor, pois um tijolo defeituoso põe em causa o acabamento final de toda a fachada.

5.4.7. EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE

Todos os elementos construtivos têm de resistir, com um desempenho adequado, durante o período de tempo para o qual foram dimensionados. No caso concreto das paredes de alvenaria, estas têm de estar preparadas para resistir aos variados agentes agressivos provenientes do exterior, sendo eles abrasivos, químicos, biológicos ou de origem climática. O tijolo com face à vista já deu provas ao longo da História sobre a sua durabilidade, aliás esta é uma das suas grandes mais valias e depende apenas de um projeto bem executado e de uma correta aplicação.

5.4.8. EXIGÊNCIAS DE ECONOMIA

Todos os pontos abordados anteriormente neste subcapítulo podem tornar qualquer solução de alvenaria numa solução económica, desde que esta seja financeiramente competitiva. Esta competitividade deve ser analisada tendo em conta os custos iniciais, de exploração e de manutenção.

6

ANOMALIAS EM PAREDES DE TIJOLO COM FACE À VISTA

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um pano de parede em tijolo com face à vista, quer seja a funcionar como pano exterior de uma parede dupla ou a funcionar como revestimento exterior de fachadas, além da mais valia estética que representa, tem outras funções que deve ser capaz de desempenhar de forma eficiente durante toda a sua vida útil.

Nos dias de hoje e devido à maior competitividade no setor por haver menos trabalho, existe um esforço maior em melhorar a qualidade da construção, contudo continua-se a assistir ao aparecimento de patologias, até mesmo em edifícios recentes.

Estes, por serem os elementos que estão mais expostos a todos os agentes agressivos oriundos do exterior, nomeadamente choques e condições climáticas, são as principais fontes das patologias observadas nos edifícios. A conjugação destes fatores, somada aos erros de projeto, erros de execução, a celeridade imposta na realização de projetos, incompatibilidades entre as várias especialidades, falta de pormenorização, entre muitos outros, conduzem ao aparecimento precoce daquelas patologias, colocando em causa requisitos estéticos, de conforto e até mesmo de segurança das fachadas.

6.2. ORIGEM DAS PATOLOGIAS

Uma patologia pode ser designada como uma situação em que determinado elemento construtivo (neste caso é o pano de parede em tijolo com face à vista), num determinado momento da sua vida útil, não apresenta o desempenho para o qual foi concebido. Estas patologias podem ter origem em vários fatores, agrupando-se em [54]:

- **Congénitas:** são as patologias oriundas da fase de projeto, que podem resultar do desrespeito das normas técnicas e de erros ou omissões por parte de algum(s) interveniente(s) do projeto, que conduzem a faltas de detalhe e a conceções inadequadas;
- **Construtivas:** correspondem às patologias que têm origem na fase de execução da obra, resultando da existência de mão-de-obra desqualificada, aplicação de produtos não certificados ou ausência de metodologias adequadas;

- **Adquiridas:** são as patologias que surgem durante a vida útil do elemento construtivo, devido à exposição ao meio onde está inserido. Podem ser naturais, resultantes da agressividade do meio envolvente ou da ação humana, através de manutenção desadequada;
- **Acidentais:** patologias devidas à ocorrência de algum fenómeno atípico resultante de uma solicitação invulgar, como a ação da chuva com ventos mais intensos do que o normal, recalques ou até mesmo casos de incêndio. A ação destes fatores provoca esforços de natureza imprevisível, principalmente sobre as juntas, ou até mesmo sobre os tijolos, provocando movimentações que irão originar processos patológicos.

Normalmente, as empresas construtoras são as primeiras a serem responsabilizadas pelos defeitos, quando grande parte destes são devidos a más decisões e omissões por parte dos projetistas. Geralmente, os projetos têm falta de informação em termos de especificação dos materiais a aplicar, pormenores de execução e pontos particulares da obra a escalas adequadas. As opções arquitetónicas são também cada vez mais potenciadoras de patologias, principalmente devido à maior exposição aos agentes climáticos e à sua maior esbelteza e desenvolvimento [55].

Quanto à face de execução, aqui também se registam muitos comportamentos que conduzem ao aparecimento de patologias, como o emprego de mão-de-obra não especializada, sendo que a mão-de-obra especializada e mais experiente é cada vez menos, a falta de controlo do processo construtivo e os ritmos de construção demasiado rápidos.

Um fator também preponderante na qualidade das construções é o fator económico. A seleção das soluções a utilizar na execução de paredes deveriam ser resultado de uma ponderação consistente tendo em conta, no custo total, o custo de construção, de utilização e de manutenção. O que habitualmente se faz, é considerar apenas o custo de construção e não se tem em conta outros aspetos, como a qualidade da execução e manutenção [56]. Posto isto e para que se consiga um maior ganho económico no custo global de um edifício ao longo do tempo, é fundamental que, na fase de projeto, se tenha em conta todas as medidas que promovam o prolongamento da vida útil ou a durabilidade do edifício. Com o passar do tempo, as patologias que surgem nas fachadas vão-se agravando progressivamente. Como mostra a Lei de Sitter (figura 6.1), quanto mais cedo se realizarem as correções, mais fáceis e mais baratas são.

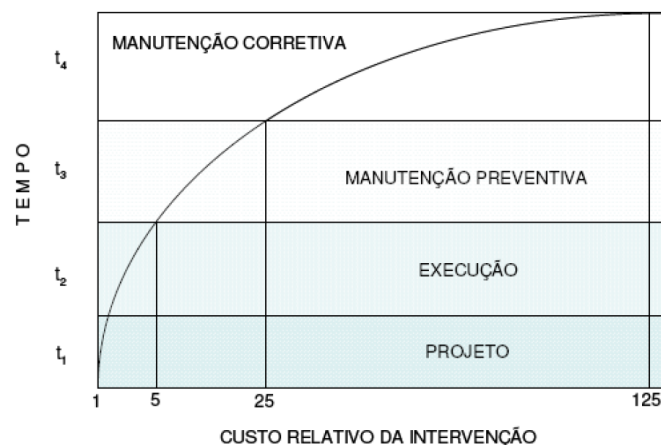


Figura 6.1 – Lei de Sitter (ou lei da evolução dos custos) [57]

A análise da figura 6.1 permite concluir que as decisões tomadas que visam o prolongamento da vida útil das fachadas, quando definidas em fase de projeto, incluem um custo bastante baixo. Por outro lado, se aquelas medidas forem postas em prática apenas na fase de execução, o seu custo é cinco vezes

superior, para se alcançar o mesmo tempo de vida útil. No caso das medidas de manutenção preventiva (operações isoladas de manutenção), como pinturas, limpezas, impermeabilizações, entre outras, que se destinam a assegurar condições favoráveis da fachada durante o seu período de vida, podem custar vinte e cinco vezes mais do que se aquelas medidas tivessem sido materializadas na fase de projeto. Por último, quando a fachada já não consegue ter o desempenho para o qual foi concebida, apresentando anomalias evidentes, é necessário efetuar-se reparos ou reforços, o que corresponde à manutenção corretiva. A estes casos está associado um custo cento e vinte e cinco vezes superior do que aquele que seria o custo da implementação destas medidas em fase de projeto. A análise da Lei de Sitter dá para entender a extrema relevância que o projeto tem no que toca a custos, podendo se afirmar que a falta de qualidade ou de informação de um projeto é a maior causa para a existência de desvios entre o custo estimado e o custo final da obra.

Estando realizada a análise em termos de custos, interessa também fazer analisar do ponto de vista do desempenho. Para que uma fachada de um edifício consiga atingir o período de vida útil definido em projeto, são forçosamente necessárias intervenções, sejam elas preventivas ou corretivas. A solução para a ação de manutenção mais vantajosa a efetuar depende do estado de degradação da fachada. Pode-se optar por uma intervenção mais profunda logo no início do surgimento dos primeiros sinais de degradação, ou pode-se ir executando operações mais localizadas e menos profundas, mas com intervalos de tempo mais curtos entre si (figura 6.2).

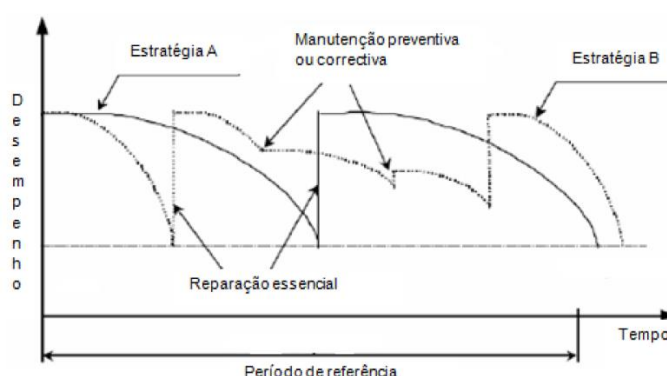


Figura 6.2 – Influência das ações de manutenção na vida útil de uma construção [58]

Os projetos não estruturais, muitas das vezes, não apresentam a qualidade e o rigor que seria desejável. Isto pode dever-se a não lhes ser atribuído o nível de relevância necessário, quer por parte dos projetistas, quer pela entidade licenciadora, em comparação com, por exemplo, o projeto de estruturas. Na figura 6.3 pode-se verificar que as patologias detetadas em paredes exteriores advêm de infiltrações e da existência de fissuras, que é por onde passa para o interior da parede a humidade oriunda do exterior, sendo esta a principal causa de patologias em fachadas.

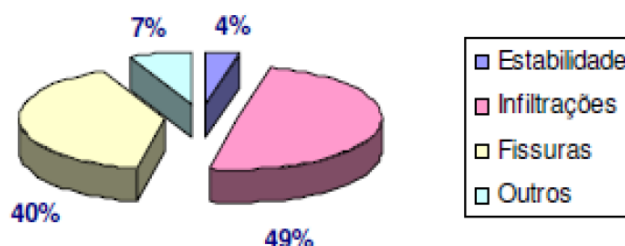


Figura 6.3 – Patologias mais verificadas em paredes exteriores [56]

6.3. CAUSAS DAS PATOLOGIAS

Existem várias causas que podem conduzir ao surgimento de patologias em fachadas. Estas causas dependem das características do material, que neste caso é o tijolo com face à vista, que é um material cerâmico, do tipo de edificação onde estão aplicados, do seu uso e do seu comportamento em serviço. Este material pode funcionar como pano exterior de uma parede dupla (que é a sua aplicação na grande maioria das vezes), mas também pode ser aplicado colado às paredes, funcionando como um revestimento cerâmico. É, então, relevante apurar-se as causas para ambos os casos, funcionando como pano exterior de parede e como revestimento exterior. A tabela 6.1 contém as causas das anomalias em paredes e a tabela 6.2 apresenta as principais causas para o surgimento de anomalias no caso de o tijolo com face à vista funcionar como revestimento cerâmico.

Tabela 6.1 – Causas e agentes de patologias em paredes não estruturais [65]

Tipo de causa	Fase	Agente
Humanas	Fase de conceção e projeto	Ausência de projeto
		Má conceção
		Inadequação ao ambiente (geotécnico, geofísico e climático)
		Inadequação a condicionamentos técnico-económicos
		Informação insuficiente
		Escolha/Quantificação inadequada de ações
		Modelos de análise/dimensionamento incorretos
		Pormenorização deficiente
		Erros numéricos ou enganos de representação
	Fase de execução	Má qualidade dos materiais
		Impreparação da mão-de-obra
		Má interpretação do projeto
		Ausência/Deficiência de fiscalização
	Fase de utilização	Ações excessivas face ao projeto
		Alteração das condições de utilização
		Remodelação e alterações mal estudadas
		Degradação dos materiais (deterioração anormal, incúria na utilização)
		Ausência, insuficiência ou inadequação da manutenção
Ações naturais	Ações físicas	Gravidade

Tabela 6.1 – Causas e agentes de patologias em paredes não estruturais [65] (continuação)

Tipo de causa	Fase	Agente
Ações naturais	Ações físicas	Variações de temperatura
		Temperaturas extremas
		Vento (pressão, abrasão, vibração)
		Presença da água (chuva, neve, humidade do solo, etc.)
		Efeitos diferidos (retração, fluência, relaxação)
		Oxidação
	Ações químicas	Carbonatação
		Presença de água
		Presença de sais
		Chuva ácida
		Reações eletroquímicas
		Radiação solar (ultravioletas)
	Ações biológicas	Vegetais (raízes, trepadeiras, bolores, etc.)
		Animais (vermes, insetos, pássaros)
Desastres naturais	-	Sismo, ciclone, tornado
		Trovoada, cheia, tempestade marítima, tsunami
		Avalanche, deslizamento de terras, erupção vulcânica
Desastres de causas humanas	-	Fogo, explosão, choque, inundação

Tabela 6.2 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos [39]

Grupos	Causas
Erros de projeto	Escolha de materiais incompatível, omissa, ou não adequada à utilização
	Estereotomia não conforme com as características do suporte
	Dimensionamento incorreto das juntas do revestimento cerâmico
	Inexistência de juntas periféricas, de esquartelamento ou construtivas
	Existência de zonas do revestimento cerâmico inacessíveis para limpeza
	Deficiente cuidado na pormenorização das zonas singulares do revestimento cerâmico
	Inexistência ou anomalia dos elementos periféricos do revestimento cerâmico
	Deformações excessivas do suporte
Erros de execução	Humidade ascensional do terreno
	Utilização de materiais não prescritos e/ou incompatíveis entre si
	Aplicação em condições ambientais extremas
	Desrespeito pelos tempos de espera entre as várias fases de execução
	Aplicação em suportes sujos, pulverulentos ou não regulares
	Espessura inadequada do material de assentamento
	Contato incompleto do ladrilho – material de assentamento
	Assentamento de ladrilhos nas juntas de dilatação do suporte
	Colagem simples em vez de dupla
	Utilização de material de assentamento ou de preenchimento de juntas de retração elevada
	Preenchimento de juntas sujas
	Execução de juntas com largura ou profundidade inadequada/não execução
	Preenchimento incompleto das juntas de assentamento

Tabela 6.2 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos [39]
(continuação)

Grupos	Causas
	Desrespeito pela estereotomia do revestimento cerâmico
	Inexistência ou insuficiência de pendentos em pavimentos exteriores
	Encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas
Ações de origem mecânica exterior do revestimento cerâmico	Choques contra o revestimento cerâmico
	Vandalismo/grafiti
	Concentração de tensões no suporte
	Deformação no suporte
Ações ambientais	Vento
	Radiação solar
	Exposição solar reduzida
	Choque térmico
	Lixiviação dos materiais do revestimento que contêm cimento
	Humidificação do revestimento
	Ação biológica
	Poluição atmosférica
	Cripto fluorescências
	Envelhecimento natural
Falhas de manutenção	Falta de limpeza do revestimento cerâmico ou de zonas adjacentes
	Limpeza incorreta do revestimento cerâmico
Alteração das condições inicialmente previstas	Aplicação de cargas verticais excessivas em revestimentos de paredes

De todas estas causas apresentadas, nem todas se aplicam ao tijolo com face à vista, pois este é um revestimento cerâmico com características diferentes do ladrilho cerâmico comum. Comparando todos estes grupos de causas, os que se verificam mais frequentemente são os erros de projeto e os erros de execução. A figura 6.4 ilustra a divisão aproximada da frequência de ocorrência das causas das anomalias.

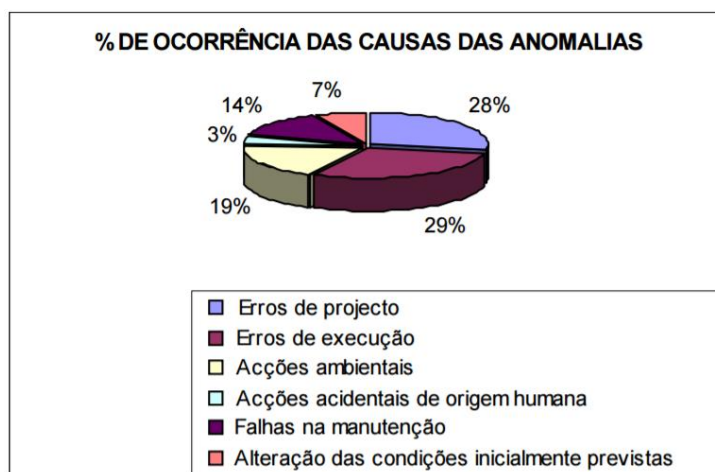


Figura 6.4 – Percentagens das causas de anomalias por grupo [60]

As paredes de fachada estão constantemente expostas às ações climáticas, o que explica que tenha uma percentagem de incidência relativamente alta. Os erros de projeto e de execução, que já foram descritos em pontos anteriores, partilham aproximadamente 30% das “culpas” no aparecimento de patologias nas fachadas. As ações acidentais e a alteração das condições iniciais pesam pouco nesta análise, por serem situações verificadas muito pontualmente comparativamente com os outros grupos.

6.4. ANOMALIAS MAIS FREQUENTES EM PAREDES DE TIJOLO COM FACE À VISTA

6.4.1. FISSURAÇÃO

A fissuração é uma das patologias mais frequentemente observadas nas paredes de fachada. No caso do tijolo com face à vista, esta anomalia é comum quando este funciona como pano exterior de parede e também como revestimento exterior da fachada. A fissuração pode ocorrer precocemente, ainda em idades muito recentes dos edifícios, devido aos assentamentos diferenciais que estes sofrem nos tempos próximos seguintes à construção. As principais causas da ocorrência de fissurações são [61]:

- Alterações na estrutura por ação de movimentos e/ou deformações das fundações, apoios, pilares e vigas;
- Movimentos de dilatação/contração;
- Utilização de argamassas inadequadas em termos de resistência e elasticidade;
- Negligência no cálculo, na pormenorização e na execução de juntas de dilatação (verticais e horizontais);
- Alteração dimensional por parte do material cerâmico através da absorção de água;
- Falta de reforço de pontos particulares para onde se prevejam cargas diferenciais.

Nas paredes de tijolo com face à vista existem essencialmente dois tipos de fissuras: as fissuras situadas nas juntas de argamassa entre os tijolos e as fissuras situadas nos próprios tijolos. É também possível que se conjuguem estes dois tipos, e surjam fissuras nos dois materiais em simultâneo (que é o que geralmente sucede).

6.4.1.1. Fissuras nas juntas

As fissuras nas juntas (figura 6.5) têm duas causas principais que levam à sua ocorrência. Estas causas são o tratamento desadequado no momento da construção, em termos de salvaguarda às condições térmicas e atmosféricas para a execução dos trabalhos, e a aplicação de argamassas impróprias para o efeito, principalmente para se ter um menor custo. Tendo em conta que as juntas representam entre 20% a 25% da área visível da fachada, estas são um elemento relevante na qualidade estética e funcional das fachadas em tijolo com face à vista. A sua execução tem de ser cautelosa, respeitando as indicações dos projetistas e fornecedores.

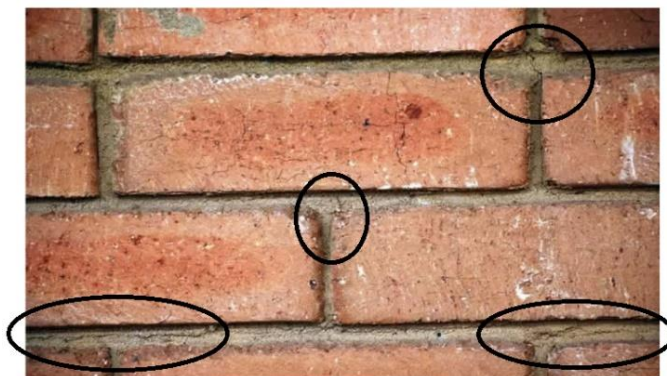


Figura 6.5 – Fissuração de junta [15]

Existem várias técnicas para a reparação deste tipo de anomalias. Visto que o âmbito desta dissertação é o de paredes em tijolo com face à vista, as técnicas apresentadas são técnicas que em nada alteram a aparência das fachadas. As técnicas são as seguintes:

- **Refechamento de juntas com argamassa:** esta técnica consiste em remover parcialmente e substituir a argamassa degradada por outra com melhores propriedades mecânicas e maior durabilidade. Esta técnica de reparação de juntas de argamassa é efetuada da seguinte forma:
 - Remoção parcial da argamassa das juntas. Este procedimento pode ser programado num só lado da parede - extração e limpeza da argamassa existente nas juntas, numa profundidade de 5 a 7 cm; ou programado em ambos os lados da parede - extração deve ser cerca de 1/3 da espessura total da parede. Para a estabilidade da parede não ser afetada, deve-se preencher as juntas cuja argamassa foi já removida antes de se iniciar a remoção na face oposta;
 - Lavagem das juntas abertas com água, com baixa pressão, com a finalidade de limpar as ranhuras abertas e limitar a absorção pelo suporte da argamassa;
 - Reposição das juntas. O preenchimento das juntas deve ser efetuado de forma cuidada, realizado com várias camadas de argamassa, desde a zona mais profunda das ranhuras abertas;
 - Compactação eficiente das camadas de argamassa para o preenchimento. A seleção da argamassa a aplicar no refechamento é feita em função da sua finalidade e das condições de compatibilidade com o material existente. Se a parede conter um aparelho com cunhas ou calços, estes devem ser repostos, de modo a restaurar as características tipológicas da parede.

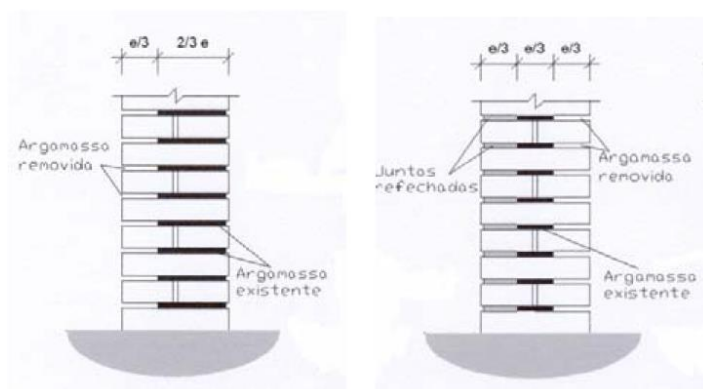


Figura 6.6 – Refechamento de juntas com argamassa. Parede intervencionada apenas num lado (esquerda) e em ambos os lados (direita)

- **Refechamento de juntas com armadura:** esta técnica consiste na remoção parcial da argamassa das juntas e na colocação de armaduras de reforço, nomeadamente aço laminado ou barras FRP (Fiber Reinforced Polymer), antes de se proceder ao seu refecimento com argamassas de cal hidráulica, argamassa hidráulica aditivada ou, eventualmente, resinas orgânicas (epóxi, acrílicas ou de poliéster). Este tipo de tratamento aplica-se em casos de degradação de juntas de alvenarias em tijolo cerâmico de junta regular e controla a dilatação transversal, que está associada a tensões de compressão elevadas e em estruturas com fissuração superficial difusa, que ocorre devido a fenómenos de deformação ou a amplitudes térmicas ou higrotérmicas. Em casos de paredes compostas com paramentos instáveis, combina-se esta técnica com pregagens transversais. Para a execução desta técnica deve-se realizar os seguintes procedimentos:
 - Inspeção prévia da parede para detetar presença de vazios que necessitem de ser preenchidos e para avaliar a necessidade de substituição de algum elemento;
 - Abertura de ranhuras nas juntas de argamassa horizontais com um berbequim elétrico ou uma serra circular. As juntas deverão permitir uma fácil introdução do material de reforço, manter a estabilidade assegurada pela seção transversal residual da junta, ter uma profundidade de 50 a 70 mm (valores médios) e altura mínima de 10 mm (valores médios);
 - Remoção de elementos soltos com ferramentas manuais, como espátulas por exemplo;
 - Eliminação de pós e partículas soltas, através de ar comprimido ou água, consoante o material de refecimento a utilizar;
 - Aplicação da primeira camada de enchimento, sobre a qual serão aplicados os elementos de reforço;
 - Colocação do material de reforço. Deve ser realizada a limpeza prévia das barras ou lâminas de aço com jato de areia e utilizar-se elementos de reforço rugosos, para aumentar a aderência. É preferível utilizar duas barras de diâmetro menor do que apenas uma com um diâmetro maior. É também aconselhável a utilização de posicionadores dos elementos de reforço, de modo a que haja um bom envolvimento da argamassa de refecimento;
 - Aplicação do material de recobrimento do reforço;
 - Selagem final das juntas e colocação do material de recobrimento nos 15 a 20 mm remanescentes.

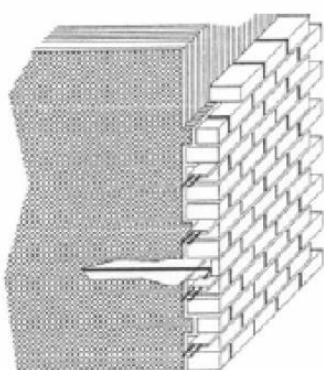


Figura 6.7 – Exemplo de refechamento de juntas com armadura

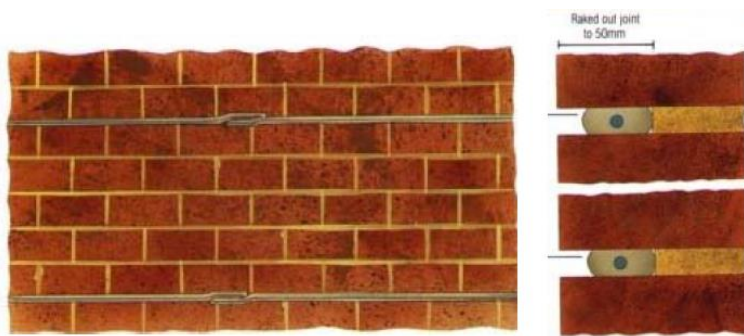


Figura 6.8 – Pormenor do refechamento de juntas com ancoragens expansivas

Na selagem final das juntas podem ser utilizadas argamassas aditivadas para o cumprimento de determinados requisitos, como requisitos estéticos (argamassa pigmentada) e funcionais (selagem de proteção).

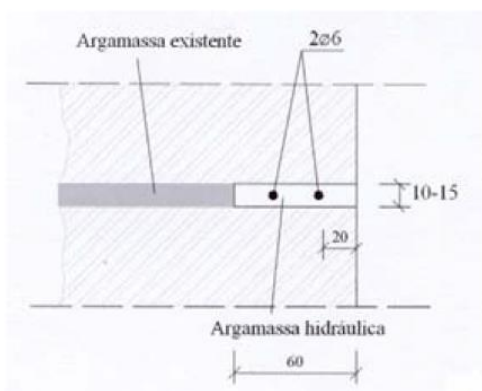


Figura 6.9 – Pormenor de refechamento de juntas com armadura e aplicação de argamassa hidráulica (valores em mm)

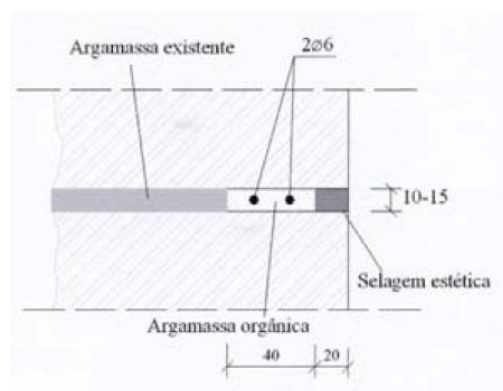


Figura 6.10 – Pormenor de refechamento de juntas com armadura e aplicação de uma camada de argamassa sintética com selagem exterior (valores em mm)

- **Refechamento de juntas com camada de resina orgânica e armadura:** consiste na remoção parcial da argamassa das juntas, colocação de uma primeira camada de resina orgânica, posterior colocação de armaduras de reforço, nomeadamente aço laminado ou barras FRP, nova camada de resina orgânica, efetuando finalmente o refechamento da junta com argamassas de cal hidráulica, argamassa hidráulica aditivada ou, eventualmente, resinas orgânicas (epóxy, acrílicas ou de poliéster). Esta técnica aplica-se exatamente nas mesmas condições da técnica de refechamento com armadura descrita anteriormente. Pode-se também combinar com pregagens transversais, em casos de possibilidade de instabilização dos paramentos.

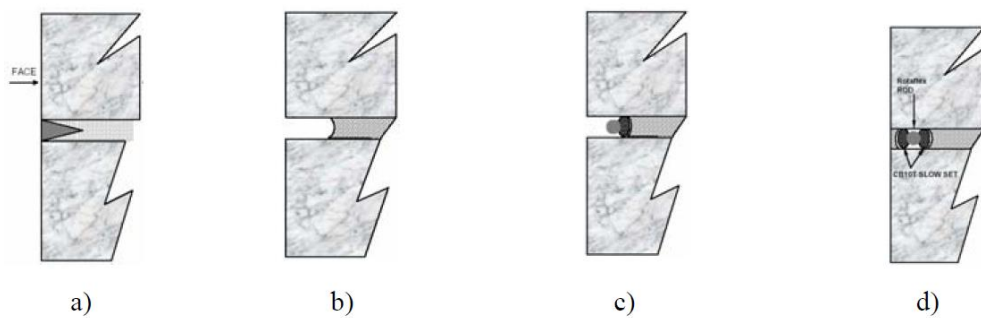


Figura 6.11 – Processo de refecimento de juntas com resina orgânica e armadura

A figura 6.11 ilustra os passos desta técnica de refecimento de juntas e tem a seguinte legenda:

- Junta fissurada;
- Execução de uma ranhura com serra diamante e com uma profundidade de 50% da espessura total da parede;
- Primeira camada de enchimento com resina orgânica e colocação do varão;
- Segunda camada de enchimento com resina orgânica e acabamentos com argamassa hidráulica compatível com a resina.

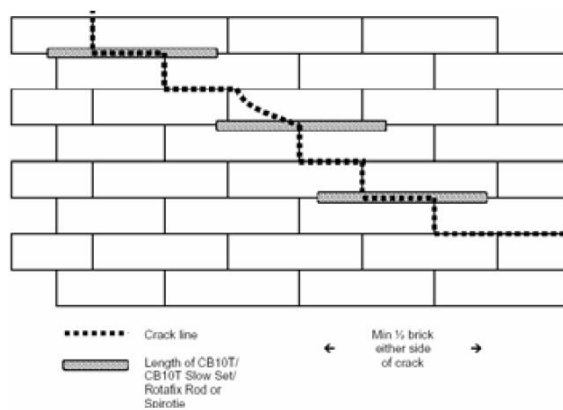


Figura 6.12 – Esquema da fissuração e respetiva intervenção de reforço

6.4.1.2. Fissuras nos tijolos com face à vista

As principais causas para a ocorrência de fissuração nos tijolos (figura 6.13) com face à vista são:

- Expansão anormal do material cerâmico por absorção de água;
- Movimentações e deformações dos elementos estruturais;
- Ausência de reforço dos paramentos em casos específicos de acentuadas variações de cota;
- Inadequadas e/ou ausência de juntas de movimento (ou dilatação).

Para evitar este problema devem-se adotar estratégias de prevenção que passam por, na fase de projeto, executar pormenores construtivos que permitam definir o posicionamento e a correta execução das juntas de dilatação necessárias. Uma boa forma de prevenir a ocorrência de fissuração nos panos de tijolo é aplicar armaduras metálicas em forma de treliça plana em arame de aço zincado numa ou mais fiadas consecutivas, de modo a reforçar as situações particulares das fachadas onde, por especificidade da configuração arquitetónica, se prevejam pontos mais suscetíveis à ocorrência destes fenómenos.



Figura 6.13 – Exemplo de fissuração em tijolo com face à vista [43]

Quanto à reabilitação, em casos simples de fissuração, como os casos de retração, o método a aplicar poderá ser a limpeza das fissuras e o preenchimento das fissuras do tijolo com produtos adequados. Porém este procedimento não é muito aconselhável, uma vez que a componente estética é bastante relevante nas paredes de tijolo com face à vista e iria ser afetada por os tijolos consertados estarem completamente visíveis, o que iria retirar valor estético à fachada. Nos casos mais graves de fissuração poderá ser necessário realizar o reforço da estrutura antes de se proceder ao conserto do problema na fachada, para se estabilizar os seus movimentos. Neste tipo de casos, com aberturas de alguma importância, a estratégia de reabilitação assenta, na maioria dos casos, na substituição pontual dos elementos danificados ou, em casos extremos, na demolição e reconstrução parcial ou total da fachada. Nestes últimos casos em que se procede à reconstrução da fachada, são normalmente introduzidos elementos de reforço como o reforço ou colocação de raiz (caso não tivesse anteriormente) de grampeamento e aplicação de armaduras metálicas entre fiadas. Para os casos de reconstrução da fachada o processo é o mesmo do descrito no capítulo 5, nos casos de substituição, que são a grande maioria dos casos, o procedimento a adotar é o seguinte:

- a) Remover o(s) tijolo(s) danificado(s) fazendo vários furos na argamassa em volta dele. Os furos devem ser realizados o mais próximos do tijolo possível, para se poder separá-lo da argamassa;
- b) Sacudir o tijolo até ele estiver solto, removendo-o da parede;
- c) Verificar se o tijolo tem condições para ser reutilizado, observando o estado de todas as suas faces;
- d) Embeber o tijolo (seja o reutilizado ou um novo) em água uma hora antes da aplicação na parede;
- e) Limpar qualquer argamassa que tenha sobrado com recurso a um formão ou um cinzel. Deve-se remover todo o material do orifício;
- f) Borrifar os tijolos em torno do buraco com água para evitar que eles absorvam a humidade da nova argamassa e ela seque demasiado rápido;
- g) Aplicar uma camada grossa da nova argamassa no fundo do buraco;
- h) Retirar o tijolo da água e aplicar argamassa nas faces laterais e de cima com uma espátula afiada;
- i) Colocar o tijolo no buraco, pressionando-o firmemente contra a argamassa;
- j) Alinhar o novo tijolo com os tijolos laterais, garantindo a continuidade da espessura das juntas;
- k) Deixar a argamassa curar lentamente e borrifar água nela algumas vezes por dia, durante três ou quatro dias.

6.4.1.3. Exemplos de fissuras mais frequentes

A título de exemplo, apresentam-se alguns dos locais das fachadas onde é mais comum ocorrerem fissurações, seja da argamassa das juntas, seja dos tijolos ou de ambos, cujas técnicas de reabilitação são as descritas anteriormente. Estes exemplos são casos práticos de um trabalho realizado na Universidade de Aveiro [62], que é um conjunto de edifícios com larga aplicação do tijolo com face à vista.

- Fissuração de cunhais com deslocamento transversal: este tipo de fissuração tem origem, na maioria das vezes, no aspeto da configuração da parede, nomeadamente:
 - Falta de elementos verticais de travamento da alvenaria;
 - Ausência de juntas de movimento;
 - Inexistência de armaduras, a colocar na argamassa das juntas de assentamento.



Figura 6.14 – Exemplo de fissuração em cunhais

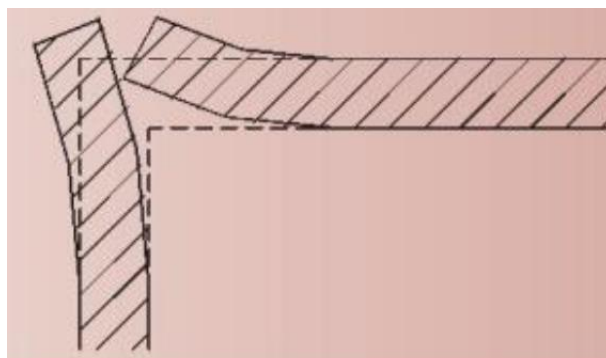


Figura 6.15 – Deformação devida à falta de junta de movimento ou armadura

As zonas de cunhais devem ser zonas muito pouco deformáveis. Neste local, devem estar previstas juntas de movimento, principalmente no cunhal situado com orientação a Sul-Poente, pois este é o que mais variações térmicas sofre.

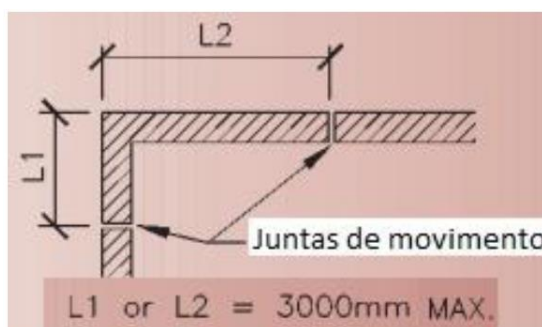


Figura 6.16 – Espaçamento das juntas de movimento em cunhais [42]

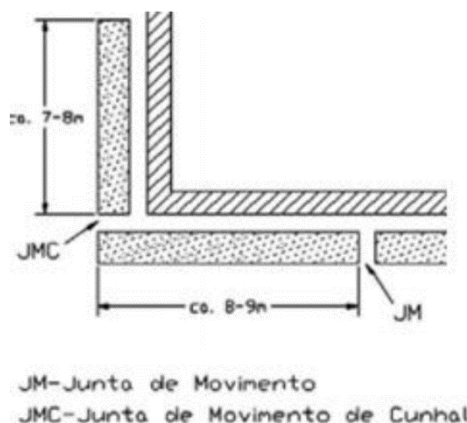


Figura 6.17 – Espaçamento das juntas de movimento em cunhal orientado a Sul-Poente

Quando por algum motivo não é possível a execução de juntas de movimento, o controlo deste tipo de fissuração é realizado através da aplicação de armaduras nas juntas de assentamento a cada três fiadas de tijolo. São dobradas a 90° e com 1,5 metros de braço para cada um dos lados do cunhal. Nestes casos de cunhais, recomenda-se a aplicação de 3 grampos extra por metro linear para além dos 5 já recomendados.

- Fissuração de pano de grandes dimensões: a principal causa para a ocorrência deste tipo de fissuração é a ausência ou a inadequação de juntas de movimento, que impede as movimentações naturais de expansão ou de retração do tijolo, devidas à variação do teor de humidade e da temperatura. Este impedimento resulta numa deformação imposta pela tensão

interna excessiva na alvenaria, normalmente com maior expressão na direção horizontal. Nestes casos de ausência de juntas de movimento, a pano não consegue acomodar as suas movimentações, sendo notória a sua fissuração, destacamento e esmagamento de alguns dos tijolos da parede.

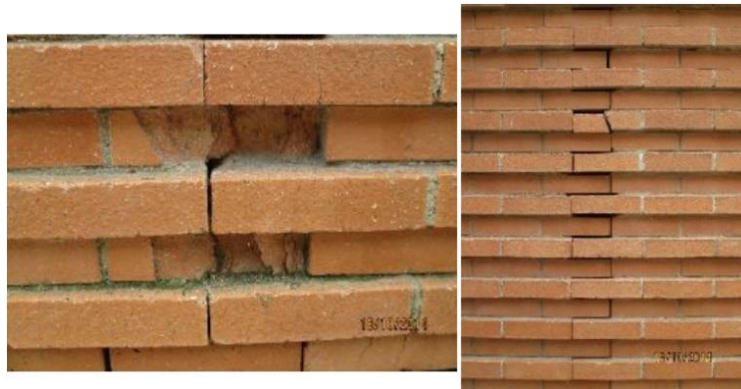


Figura 6.18 – Exemplo de fissuração em pano

Como já foi abordado no ponto das juntas de dilatação do subcapítulo de execução de alvenarias em tijolo com face à vista, nestas devem ser previstas juntas de dilatação verticais espaçadas 10 metros, variando esta distância com a orientação solar do pano. Em paredes de grandes dimensões este fator da orientação solar é mesmo preponderante, de maneira a que as juntas assimilem todas as variações de dimensão nas zonas mais suscetíveis de maiores amplitudes térmicas. Estas juntas devem ter uma espessura de 15 a 20 mm e uma profundidade de cerca de 20 mm.

- Fissuração em zona de mudança de cota/alteração de rigidez: em casos de paredes de tijolo com descontinuidades, a fenda ocorre nesta zona de descontinuidade, por causa dos diferentes carregamentos aplicados aos tijolos. Numa zona formada por dois materiais construtivos, a fenda surge na interface, funcionando como resposta às diferentes rigidezes dos materiais, que têm deformações distintas.



Figura 6.19 – Fissuração na interface de contato de dois materiais (esquerda) e em zona de mudança de cota (direita)

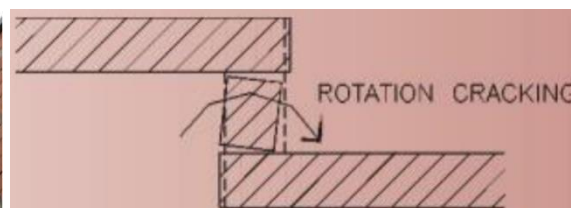


Figura 6.20 – Exemplificação da deformação do tijolo imposta pela descontinuidade [63]

Deve ser prevista uma junta de movimento vertical sempre que haja uma diferença de cota na base de assentamento de uma parede em tijolo com face à vista, ou a meio de uma parede, em casos onde surja uma descontinuidade de um dos lados. Em casos em que um pano em tijolo com face à vista é adjacente a outro pano constituído por outro material ou com outro acabamento, deve-se também incluir uma junta

de movimento que servirá de elemento de (des)solidarização, devido ao comportamento e rigidezes diferentes dos materiais.

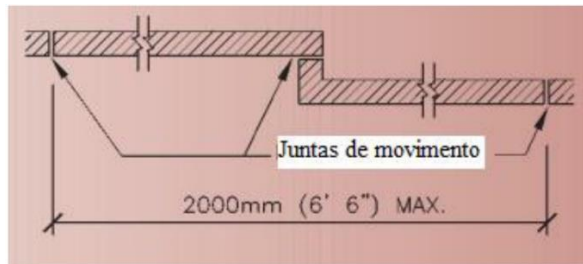


Figura 6.21 – Posicionamento das juntas de movimento em zona de descontinuidade [63]

- Deformação excessiva do suporte: verifica-se aos níveis dos pisos, em panos de tijolo com face à vista, com destacamento localizado dos tijolos e degradação dos mesmos. A principal causa para este tipo de fissuração é a correção das pontes térmicas pelo exterior, que leva a que o pano não esteja totalmente apoiado na laje, e que somado ao fato de se usarem tijolos com diferente seção na forra, faz com que esta zona seja mais propícia a tensões indesejáveis. A deformação do elemento estrutural de suporte poderá desencadear fissuração e danificação dos tijolos adjacentes. Edifícios que estão sujeitos a cargas cíclicas também são suscetíveis de ocorrência de uma maior deformabilidade.



Figura 6.22 – Exemplo de fissuração ao nível do piso

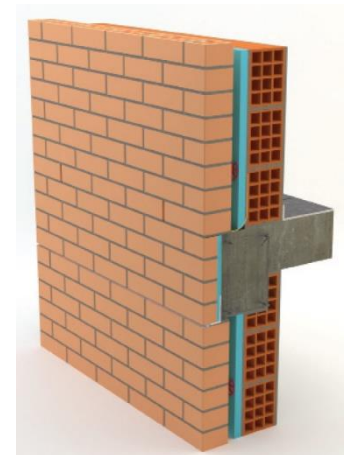


Figura 6.23 – Exemplo de correção de ponte térmica ao nível do piso [43]

Nestes casos, devem ser aplicadas peças de apoio complementares, como cantoneiras de aço em forma de L, que reforçam o apoio de paredes exteriores de fachadas insuficientemente apoiadas na laje, ou em fachadas cortina de tijolo com face à vista. A parede exterior deve estar apoiada pelo menos $\frac{2}{3}$ da largura do tijolo no elemento estrutural ou na peça complementar. Uma junta de movimento horizontal ao nível do piso pode também ser incluída, com alternativa à aplicação de apoios complementares.

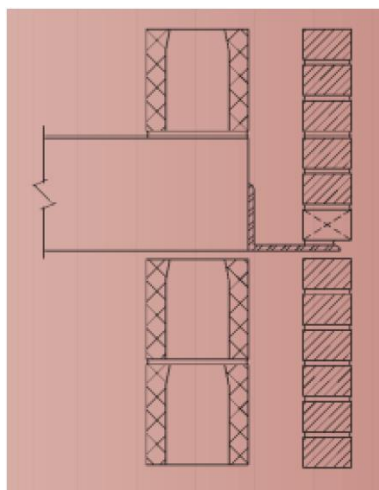


Figura 6.24 – Corte esquemático do apoio do pano exterior de tijolo com face à vista em cantoneira [63]



Figura 6.25 – Peça complementar de sustentação do pano exterior em zona de piso [43]

- Fissuração em zona de vão: este tipo de fissuração apresenta-se localizada ao nível dos lintéis e ombreiras. Isto acontece porque os vãos são zonas de concentração de tensões, que se intensificam nas ombreiras e nas padieiras. A fissuração ocorrida ao nível das padieiras deve-se à ausência de um lintel, ou de mau dimensionamento deste.



Figura 6.26 – Exemplo de fissuração em zona de vão

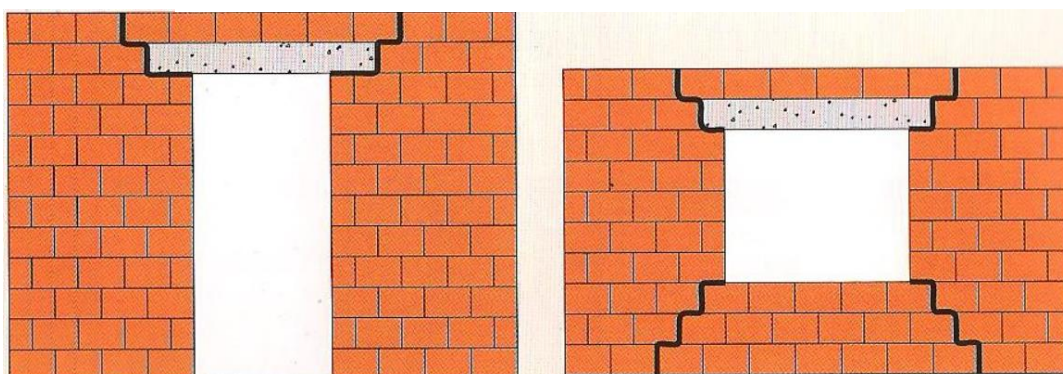


Figura 6.27 – Fissuração típica em zona de vão [64]

Esta anomalia é evitada através da construção de um lintel, pois este tem o objetivo de suportar cargas uniformemente distribuídas sobre aberturas, garantindo resistência e pouca deformabilidade. Os lintéis

podem ser pré-fabricados ou executados em obra, podendo ser constituídos por peças cerâmicas armadas ou por suportes metálicos que as suportam. O ponto mais relevante no dimensionamento de um lintel é a entrega dos seus apoios, que deve ser suficiente para a carga dos vãos a vencer. A forma do lintel depende da posição da caixa de estore. A execução de juntas de movimento na periferia destas zonas possibilita a absorção dos esforços a que o vão está sujeito.

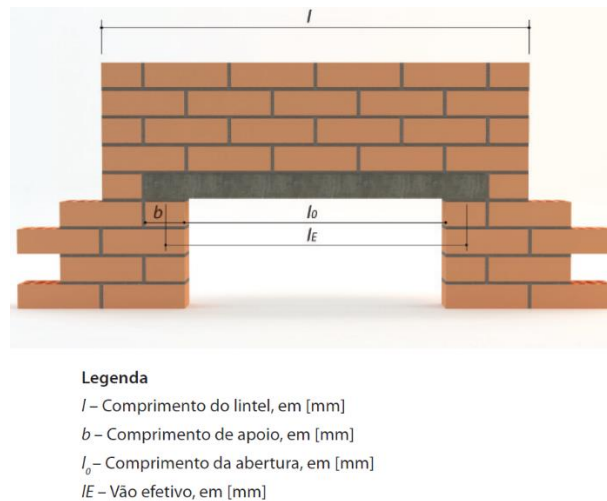


Figura 6.28 – Dimensionamento de um lintel [43]

A figura 6.29 é um pormenor executado pela Cerâmica Vale da Gândara e ilustra uma aplicação dupla de lintéis, um situado acima da caixa de estore que serve de apoio ao pano interior de tijolo furado, e outro na terminação da mesma, servindo de apoio ao pano exterior de tijolo com face à vista. O pormenor da figura 6.30, também executado pela Cerâmica Vale da Gândara mostra a aplicação de um lintel metálico com suporte duplo a apoiar o pano exterior de tijolo com face à vista.

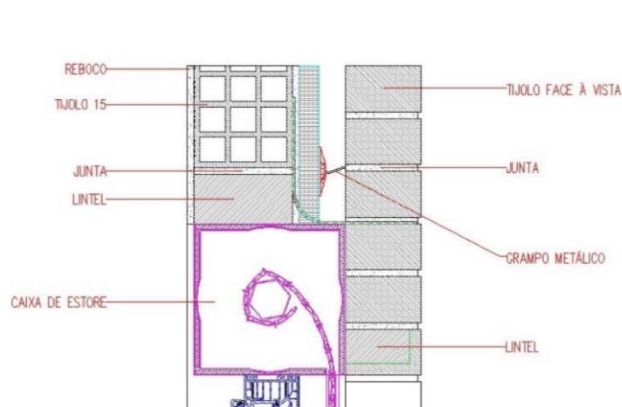


Figura 6.29 – Lintel em vão com caixa de estore [43]

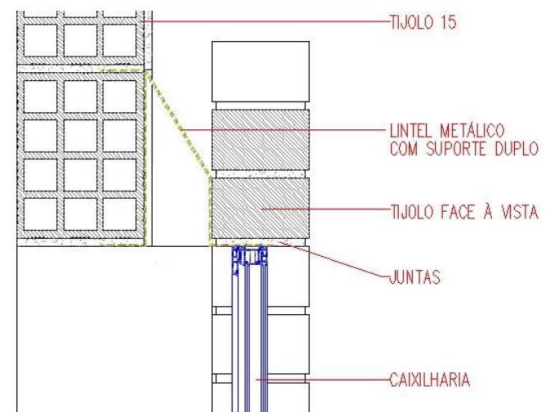


Figura 6.30 – Corte de zona de vão com lintel metálico [43]

6.4.2. EFLORESCÊNCIAS

As eflorescências decorrem, normalmente, das características e dos componentes das argamassas de assentamento utilizados e também da quantidade de água que se aplica na sua composição. Estas anomalias manifestam-se através de escorrimentos provenientes de humidades que se libertam para o exterior pelas juntas de argamassa entre os tijolos de cor esbranquiçada, provocando carbonatações vulgarmente designados por “babados de junta” ou “escorridos”. Esta anomalia é também comum aos

dois tipos de utilização do tijolo com face à vista, como pano exterior de parede e como revestimento exterior. As principais causas que estão na base do aparecimento de eflorescências nos panos de parede em tijolo com face à vista são:

- Quantidade excessiva de água presente na constituição da argamassa;
- Presença de sais solúveis em elevado teor nos componentes da argamassa;
- Incumprimento das boas práticas de aplicação no sentido de assegurar a correta secagem e hidratação das argamassas, previamente à aplicação dos materiais consequentes;
- Deficiente proteção dos elementos relativamente a condições atmosféricas propícias a transporte de sais, como humidade elevada e temperaturas baixas;
- Deficiente preenchimento das juntas de assentamento ou fissuração das mesmas, facilitando a infiltração de água;
- Elevada resistência à difusão de água em fase de vapor pelos elementos da fachada (tijolos e argamassas).



Figura 6.31 – Exemplos de eflorescências numa parede em tijolo com face à vista

É muito importante utilizar-se argamassas compostas por matérias-primas de origem controlada e respeitar as quantidades de água recomendadas pelo fornecedor, de modo a se conseguir uma consistência com o mais baixo teor de água possível. Ao nível do projeto de arquitetura é necessário prever-se elementos que desviem a água passível de incidir diretamente na fachada, como platibandas, caleiras, rufos, etc. Existem alguns cuidados a ter durante o processo de execução da parede em tijolo com face à vista relativamente aos agentes atmosféricos:

- Proteção das fiadas executadas recentemente com capas plásticas, ou equivalente, quando se registarem chuvas fortes, de modo a evitar a danificação das juntas e a absorção excessiva de água por parte da argamassa fresca;
- Em caso de ocorrência de geadas, verificar o estado do trabalho já realizado ao nível das fiadas de tijolo e perceber se é necessário proceder-se à recuperação de juntas danificadas. Nos casos de persistência destas condições adversas, deve-se proceder à proteção das alvenarias;
- Durante a realização dos trabalhos em períodos de calor deve-se manter húmidas as fiadas de tijolo, de modo a prevenir uma secagem demasiado rápida da argamassa, diminuindo a sua aderência;

- Em zonas com ocorrência de ventos fortes, deve-se assegurar o travamento dos paramentos com dimensões consideráveis. Este procedimento pode ser realizado a partir dos andaimes no final de cada dia de trabalho.

No caso destas medidas de prevenção não terem sido executadas devidamente e se verificar a ocorrência de eflorescências no pano da parede de tijolo com face à vista, deve-se proceder aos seguintes procedimentos de reabilitação:

- a) Lavagem de toda a superfície com solução ácida (moderada) e água abundante;
- b) Limpeza/lavagem geral dos tijolos e juntas com água abundante;
- c) Reparação da causa da infiltração de água. No caso de eventuais fissuras na argamassa através da remoção da mesma e refechamento das juntas com nova argamassa. Também existe a possibilidade de aplicar a nova argamassa adequada sobre a existente;
- d) Nova limpeza dos tijolos e juntas;
- e) Aplicação de agente hidrófugo sobre toda a fachada.

6.4.3. DEFORMAÇÃO DA FACHADA PARA FORA DO PLANO

O empolamento das paredes, ou setores destas, nas fachadas de tijolo com face à vista está normalmente associado à ausência ou inadequada execução do grampeamento que estabelecem a ligação entre os dois panos da parede. Em casos de paredes de tijolo com face à vista do tipo fachada ventilada, esta anomalia é mais frequente, devido ao insuficiente número de apoios e respetiva divisão horizontal, através da interrupção dos panos e execução de juntas de movimento horizontais (espaçadas de 6 m, no máximo). A criação de paredes duplas pressupõe o seu funcionamento em conjunto, traduzindo-se no aumento dos seus desempenhos individuais em termos de alguns aspetos, como a estabilidade. No caso específico de paredes com o pano exterior em tijolo com face à vista e devido ao seu perfil esbelto, a necessidade de solidarização entre os panos ganha ainda mais relevância. Os procedimentos a ter nestes casos são:

- Demolir a zona afetada da parede em tijolo com face à vista;
- Remover toda a argamassa e tijolos degradados;
- Reconstruir a parede com um sistema de grampeamento adequado, tendo em conta os principais pontos seguintes (todos os procedimentos a ter em conta na realização do grampeamento foram já apresentados no ponto 5.3.6):
 - Grampos em aço inox com pingadeira;
 - 5 unidades por m² aplicados em quincôncio;
 - Colocação dos grampos com inclinação com o sentido do pano interior para o exterior;
 - Diâmetro mínimo dos grampos é de 4 mm.

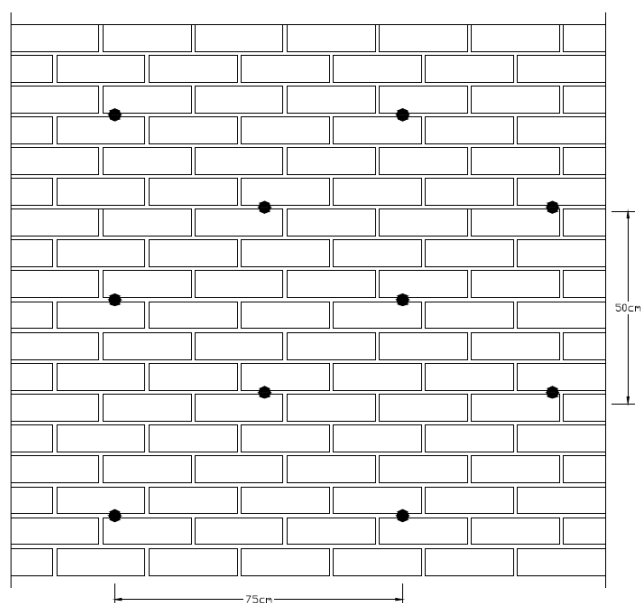


Figura 6.32 – Sistema recomendado de grampeamento [43]

6.4.4. DEFORMAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO

Os fenómenos de fissuração, esmagamento localizado e destacamento de revestimentos são as anomalias mais comuns relacionadas com as juntas de dilatação. Na grande parte dos casos, estas anomalias relacionadas com as juntas de dilatação ocorrem devido a negligências que se praticam, primeiro na fase de projeto, e depois também na fase de execução. Na fase de projeto, no caso de construções em tijolo com face à vista, nota-se um défice na definição das juntas de dilatação verticais e horizontais, que são necessárias para absorverem as movimentações que se prevê que o edifício vá ter. Regista-se uma falta de atenção aos fatores que influenciam o seu cálculo e distribuição na parede, como a exposição solar das diferentes fachadas e a própria dimensão dos panos de parede em termos de altura e comprimento. Nos locais onde existe ausência, inadequação ou deformação das juntas de dilatação observam-se ruturas dos panos de parede, que depois se traduzem em patologias graves, criando um impacto negativo no nível estético e funcional do edifício. Na fase de execução da obra, os erros cometidos ao nível das juntas de dilatação baseiam-se na omissão de juntas previstas em projeto e na incorreta realização das mesmas. Esta má realização verifica-se ao nível do desrespeito das espessuras recomendadas e das características dos materiais de preenchimento e de vedação prescritos no caderno de encargos. As variações dos teores de humidade e da temperatura conduzem a movimentos naturais de expansão ou contração por parte dos diferentes materiais constituintes da fachada. Para que os panos de parede se possam adaptar a estas movimentações sem romperem, devem existir juntas de dilatação/movimento distribuídas de acordo com um estudo rigoroso dos edifícios ainda na fase de projeto, tendo em consideração a sua configuração volumétrica e as diferentes exposições solares incidentes nas várias fachadas. Em alvenarias de tijolo com face à vista, para além de se fazer corresponder as juntas de dilatação do edifício no pano exterior de fachada, deverão também ser previstas juntas de movimento horizontais e verticais a realizar ao nível deste pano exterior, pois neste sistema de parede dupla com isolamento térmico no interior da caixa-de-ar, é o pano exterior da parede que sofre maior variação do diferencial térmico entre o dia e a noite.

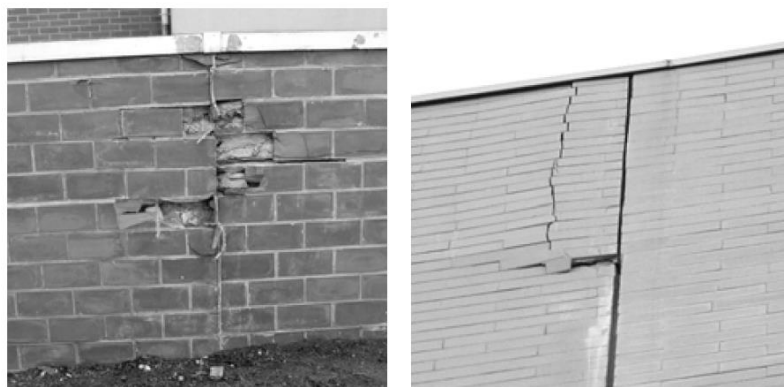


Figura 6.33 – Exemplos de deformação de junta de dilatação e consequente danificação dos tijolos adjacentes

Nestes casos, as estratégias de reabilitação podem seguir dois caminhos: em casos como o da figura 6.33, em que a quantidade de material danificado não é muito importante, pode-se proceder apenas à remoção dos tijolos e da argamassa danificada e substituí-los, com novo assentamento e eventualmente utilizando uma argamassa com outras características, como uma argamassa menos retrativa; por outro lado, se a quantidade de danos for relevante, deve-se demolir uma tira de parede, envolvendo a junta e proceder-se à reconstrução daquela zona da parede e refazendo a junta. Deve-se fazer um novo estudo da fachada onde se situa a anomalia, revendo a espessura e os materiais de preenchimento e vedação da junta, para que esta anomalia não se repita no futuro.

Todo o procedimento a seguir na execução de juntas de dilatação foi já descrito no ponto 5.3.8.

6.4.5. HUMIDADES

Os fenómenos relacionados com a presença de humidades estão diretamente relacionados com a fissuração, abordada no ponto 6.4.1. A água infiltra-se pelas fissuras existentes nos tijolos ou na argamassa, atravessando-os e depositando-se na caixa-de-ar. Associado a isto estão também problemas relacionados com a drenagem/ventilação da caixa-de-ar, caracterizados pela inexistência ou pela má execução das juntas de ventilação e pela ausência ou incorreta impermeabilização da meia cana entre a base da caixa-de-ar e a parede interior. Nos casos mais graves, em que se combina o fato de o sistema de drenagem/ventilação estar mal executado com a falta de impermeabilização dos arranques das paredes interiores, a água acaba mesmo por se conseguir infiltrar no seio do pano interior. Normalmente o tijolo utilizado no pano interior (tijolo furado) tem menor resistência à água do que o tijolo com face à vista do pano exterior, originando graves problemas de humidades no interior dos edifícios. Os vãos, quando a sua execução não é a mais adequada, passam a ser também um ponto crítico para a penetração de humidades, sendo uma das origens que regista maior percentagem de humidades patológicas. As humidades que se verificam nas paredes de tijolo com face à vista podem também derivar do solo. Por intermédio da capilaridade da água, quando esta contata diretamente com a parede, ou por intermédio de elementos construtivos em solos húmidos, a humidade ascende e origina anomalias de difícil resolução que manifestam visualmente no pano exterior das paredes. Em termos de medidas preventivas, o caminho a seguir é executar de maneira adequada todas as recomendações descritas no ponto 5.3.7 e 5.3.11, para que se obtenha uma caixa-de-ar que escoe eficientemente a água lá acumulada e para se executar adequadamente a base das paredes, de maneira a combater a humidade ascensional, não sendo necessário voltar a repetir aqui aquelas recomendações.



Figura 6.34 – Exemplo de presença de humidade ascensional em parede de tijolo com face à vista [62]

No caso das humidades ascensionais provenientes do solo por capilaridade, estas afetam as bases das paredes de tijolo com face à vista do piso térreo e numa altura variável. Esta água arrasta consigo compostos químicos, como dióxido de carbono e de enxofre ou óxido de azoto, e que quando penetram a parede originam reações químicas e acumulam estes sais, ficando estes visíveis na superfície das paredes. Além das eflorescências já estudadas no ponto 6.4.2, que são consequência da conjugação da existência de humidade com a presença de fissuração nas juntas ou nos tijolos, podem também surgir manchas de criptoflorescências e proliferação de microrganismos. Estas são as principais anomalias originadas pela presença de humidade que comprometem a qualidade estética das fachadas e provocam a degradação dos materiais, levando ao aparecimento de novas fissuras e novas humidades. Nestes casos, as estratégias de reabilitação passam por:

- Aplicar um sistema de drenagem eficiente no solo, caso se trate de casos de humidade ascensional;
- Em casos menos graves, pode-se proceder apenas à limpeza da fachada com produtos adequados, como detergentes ou produtos saponáceos, e depois deve-se aplicar um tratamento antifúngico na fachada;
- Nos casos mais graves e em que se justifique, deve-se remover os tijolos danificados e proceder-se à impermeabilização da base da parede através da aplicação de membrana/tela impermeabilizante (todas as disposições presentes no ponto 5.3.11), seguida da reconstrução da fachada, ou parte dela.

Uma anomalia também muito frequente devida à humidade é o aparecimento de manchas de sujidade e proliferação de organismos associadas a escorrências nas zonas da fachada sob os peitoris dos vãos exteriores (figura 6.35).



Figura 6.35 – Manchas de sujidade e proliferação de organismos em peitoris [62]

Os peitoris são superfícies horizontais e, assim sendo, acumulam sujidades que são posteriormente arrastadas pela água da chuva até escorrerem pela fachada. As manchas de sujidade correspondem aos percursos preferenciais para essas escorrências, estas que quando em abundância provocam o aparecimento de microrganismos e de eflorescências. As técnicas de reabilitação nestes casos para por:

- Apenas eliminar as manifestações das anomalias, realizando a limpeza dos peitoris e das zonas da fachada por onde a água escorreu;
- Efetuar a limpeza da fachada e eliminar a origem, ou seja, aplicar-se um novo peitoril que evite estas escorrências. O peitoril deve ter as seguintes características:
 - Pingadeira devidamente dimensionada;
 - Inclinação suficiente;
 - Bandas laterais;
 - Projeção lateral suficiente.

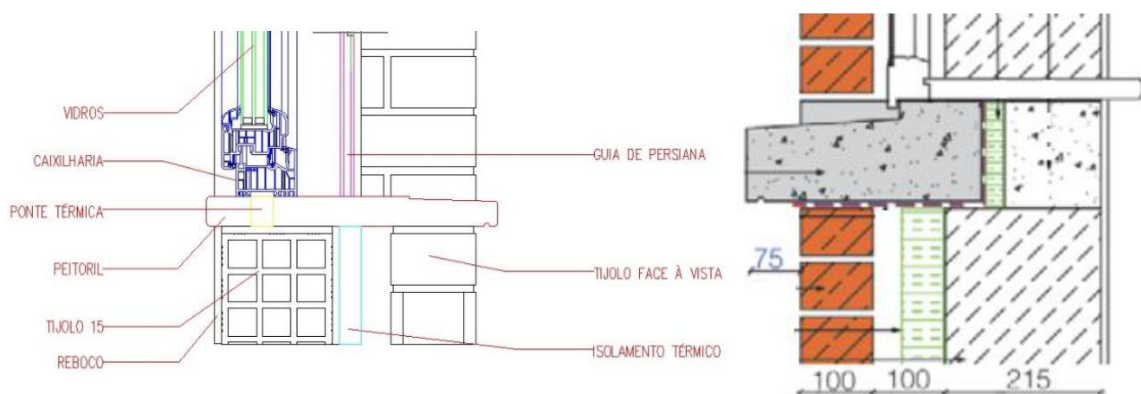


Figura 6.36 – Cortes de zona de vão com peitoril bem dimensionado [62]

6.4.6. ESMAGAMENTOS DOS BORDOS

Os esmagamentos são originados em situações de compressões excessivas. São anomalias pontuais e que estão normalmente associadas às fissurações. Esta anomalia manifesta-se através do destacamento de lascas nos bordos dos tijolos e é frequentemente acompanhada pelo esmagamento das juntas de assentamento adjacentes, por compressão. A principal causa que está na origem do esmagamento dos bordos dos tijolos com face à vista são os movimentos diferenciais por parte dos elementos constituintes da parede. Sob diferentes influências de agentes externos, como a temperatura e a humidade, os diferentes materiais, nomeadamente os tijolos e a argamassa das juntas, dilatam-se e contraem. Quando estas deformações não são iguais, cria-se uma compressão da camada superficial (material cerâmico que provoca o lascar dos bordos da peça cerâmica e/ou o esmagamento da argamassa das juntas).

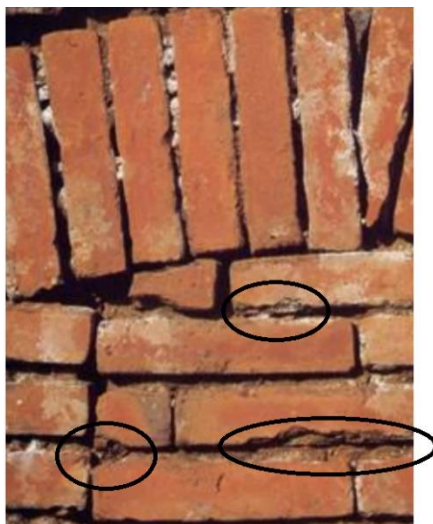


Figura 6.37 – Exemplo de esmagamento dos bordos de tijolos com face à vista

Nestes casos, o processo de reabilitação a efetuar é:

- Remoção dos elementos degradados;
- Correção/minimização dos efeitos de compressão através da execução de juntas de esquadramento e de perímetro adequadas, preenchidas por mástique;
- Aplicação de novos elementos cerâmicos.

6.4.7. ENODOAMENTO

Esta anomalia manifesta-se através de manchas pontuais de dimensão variável, que provocam alteração do aspeto dos tijolos, nomeadamente em termos de cor. As principais causas para o surgimento deste tipo de anomalias são:

- Escolha inadequada das peças cerâmicas em função das necessidades funcionais, podendo originar o desgaste da superfície, facilitando a retenção de sujidades;
- Ataque químico por derramamento ou utilização de produtos de limpeza agressivos/inadequados. Substâncias ácidas como o vinagre, sumo de limão ou o vinho tinto e líquidos oleosos como o azeite ou até mesmo como o café e as tintas atacam as peças cerâmicas, principalmente as que têm a superfície desgastada;
- Pinholes, crateras, pintas e manchas, ou seja, pequenas imperfeições na superfície do tijolo, decorrentes dos materiais e do processo de fabrico. Os pinholes e crateras podem ser sentidos através do tato e facilitam a retenção e acumulação de sujidades. As pintas e manchas são parte integrante do corpo cerâmico. Ambas são impossíveis de remover.



Figura 6.38 – Exemplos de danificação estética de parede com tinta

Em termos de soluções de reabilitação, existem duas possíveis:

- Limpeza da parede com produtos específicos dependendo do tipo de mancha (tabela 6.3);
- Remoção e substituição das peças danificadas.

Tabela 6.3 – Soluções específicas para remoção de manchas impregnadas em cerâmicos

Mancha	Produto	Observações
Cimento e produtos à base de cimento	Ácido acético 10%;	Seguir as indicações do fabricante;
	Ácido clorídrico 10%;	Ácidos fluorídricos são proibidos;
	Ácido fosfórico 10%.	O ácido clorídrico é corrosivo: usar luvas, vestuário apropriado e evitar salpicos;
		Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha.
Pintura a óleo;	Álcool metílico	Produtos inflamáveis:
Decapante de soldadura;		- Arejar bem;
Mástique;		- Não fumar;
Fruta e sumos de frutos (manchas recentes);		- Impedir faíscas de ferramentas ou interruptores elétricos.
Molho de tomate.		
Pintura vinílica, gliceroftália;	Benzina	
Cola e matérias plásticas.		

Tabela 6.3 – Soluções específicas para remoção de manchas impregnadas em cerâmicos (continuação)

Mancha	Produto	Observações
Fuelóleo; Fruta e sumos de frutos (manchas antigas).	Tricloro	
Óleo de linhaça	Álcool etílico	Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha
Mercurocromo; Tinta fresca.	Permanganato de potássio seguido de ácido oxálico; Água de Javel.	Proteger as mãos
Grafittis	Cloreto de metileno e álcool	Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha
Ferrugem	Lixívia	Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha
Gordura	Solvente ou desengordurante	Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha
Borracha de pneus	Aguarrás	Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha
Tinta de caneta	Acetona	Proteger materiais de PVC, alumínio, zinco e borracha

7

CONCLUSÕES

7.1. CONCLUSÕES FINAIS

As paredes de alvenaria são um dos elementos construtivos de maior importância num edifício, nomeadamente as paredes exteriores, e mesmo sendo a aplicação do tijolo com face à vista aplicada há já várias décadas, a sua utilização em Portugal é ainda residual, ao contrário do que se passa noutros países da Europa. Em países como a Alemanha, Bélgica, Países Baixos e Inglaterra, a utilização de tijolo com face à vista é corrente, sendo que estes países já possuíam tradição de aplicação deste material e têm perfeito conhecimento do seu bom desempenho técnico. Esta pouca utilização em Portugal acontece porque ao longo da história da construção se foi perdendo o hábito de o fazer, nunca chegando a atingir os níveis de qualidade necessários para uma aplicação bem sucedida, em Portugal. A generalização da utilização de estruturas de betão armado reduziu a utilização do tijolo a funções de enchimento e sempre revestido, deixando de ser relevante a sua forma e aspeto estético, generalizando-se assim as unidades LD (*Low Density*). Devido ao fato de não se destinar a ficar visível, o seu rigor construtivo é na maioria das vezes negligenciado, exigindo menor qualificação técnica. Assim, todas as soluções de tijolo cerâmico “foram colocadas no mesmo saco”, ficando a construção em tijolo com face à vista rotulada como uma solução muito problemática que origina um grande número de anomalias nas fachadas. O caráter altamente conservador da indústria da construção portuguesa, onde existe grande dificuldade de aceitação de novas técnicas construtivas, constitui um outro fator explicativo da escassa utilização do tijolo com face à vista em Portugal.

O tijolo com face à vista apresenta potencialidades que lhe permitem rivalizar com as soluções tradicionais de tijolo furado utilizadas em Portugal, permitindo obter desempenhos muito semelhantes ao tijolo furado e até mesmo melhores em alguns pontos, desde que seja aplicado corretamente. Aqui está outro entrave à proliferação do tijolo com face à vista, ou seja, a qualificação técnica exigível para a execução de alvenaria de tijolo com face à vista é um forte obstáculo à implementação desta solução em Portugal.

As paredes de alvenaria dão, na grande maioria dos casos, um contributo negativo para o aparecimento de anomalias nos edifícios, começando pela ocorrência de fissuração, que por sua vez conduz à existência de infiltrações, resultando na degradação de revestimentos e acabamentos. As paredes de alvenaria sem função estrutural, podem vir a desempenhar um papel cada vez mais relevante na construção, paralelo à evolução tecnológica. Contudo, esta evolução só é possível se se continuar a investir na melhoria dos produtos de construção e acessórios e no respeito pelas metodologias de aplicação presentes nos manuais de utilização dos fabricantes, que incentivam a qualidade construtiva.

Em Portugal, não existia legislação específica para alvenarias, até ao aparecimento do Eurocódigo 6. As normas dos elementos cerâmicos para alvenaria reguladoras das características físicas e dimensionais

foram substituídas pela NP EN 771, que veio homogeneizar os critérios de qualidade dos produtos europeus. Embora até aos dias de hoje não se tenha verificado, espera-se que estas novas normas venham estimular a melhoria da qualidade das alvenarias em Portugal e promovam a generalização da utilização do tijolo com face à vista.

A existência do projeto de alvenaria em Portugal aliada com a qualificação técnica dos executantes são fundamentais para a implementação com sucesso do tijolo com face à vista como solução construtiva. A execução de fachadas de tijolo com face à vista requer cuidados especiais em certos pontos singulares como a estanquidade, juntas de dilatação, qualidade das argamassas, qualidade do acabamento, pontes de humidade, ancoramento do pano exterior, colocação de armaduras em zonas de vãos e de descontinuidades, drenagem e ventilação da caixa-de-ar, entre outros. Destaca-se ainda a necessidade utilização de argamassas bastardas e de aplicação de membranas/telas impermeabilizantes em pontos críticos como as envolventes de aberturas na fachada e a caleira de escoamento da humidade das caixas-de-ar.

A aplicação contínua de tijolo com face à vista como pano exterior de paredes duplas imediatamente após a caixa-de-ar, facilita a utilização de isolamento contínuo em fachadas. Este tipo de construção permite uma fácil e eficiente correção das pontes térmicas e garante o respeito dos requisitos térmicos impostos pelo RCCTE.

A reabilitação em Portugal é encarada como o último recurso para a resolução de problemas que poderiam ser evitados, ou minimizados, através da implementação de boas práticas construtivas, desde a fase de projeto até à execução. A este fato, soma-se ainda a falta de ações de manutenção requeridas ao longo da vida útil do edifício. Estas ações permitiriam o desagravamento, ou até mesmo a eliminação, de algumas patologias com um forte impacto nas componentes estética e funcional dos edifícios.

No caso específico da construção em tijolo com face à vista, embora não tenha as necessidades de manutenção que outras soluções construtivas revelam, os erros de projeto e de execução manifestam-se de forma mais evidente. Posto isto, é fundamental seguir-se uma estratégia baseada na salvaguarda das boas práticas construtivas, que devem ser testadas e aperfeiçoadas ao longo do tempo, durante as fases de projeto e conceção. Para a reabilitação em construções de tijolo com face à vista, o caminho a seguir poderá ser o de se fazer uma aproximação tradicional, que é caracterizada pela correção das anomalias tendo como base os princípios fundamentais deste sistema construtivo. Quer as intervenções pontuais, quer as reconstruções de maior dimensão, definem-se através da substituição do material danificado e da retificação dos erros que foram cometidos na fase de construção.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A solução construtiva de tijolo com face à vista para alvenarias apresenta um potencial cada vez maior de se assumir como uma solução a ter cada vez mais em consideração na indústria da construção em Portugal, devido a fatores como a evolução arquitetónica, tecnológica e legislativa que se tem verificado ultimamente. O crescente intercâmbio de profissionais e tecnologias no mercado europeu, que foi impulsionado pela criação dos Eurocódigos, possibilita que a tecnologia e a qualificação chegue mais facilmente a todos os países. No caso específico de Portugal, o cenário mais provável é que isto aconteça por exportação de profissionais nacionais que se especializem fora do país e voltem constituindo uma mais valia, de modo a aplicarem os seus conhecimentos e difundi-los. Existe outra alternativa, que consiste em trazer profissionais estrangeiros para Portugal, para formar profissionais nacionais no âmbito da construção em tijolo com face à vista. As patologias mais frequentes podem ser evitadas através de um maior rigor na fase de projeto, com especial atenção aos pontos singulares. A mão-de-

obra tem de acompanhar o desenvolvimento do projeto e dos materiais, estando em constante regime de formação e atualização, pois a qualificação dos profissionais é um dos principais fatores do correto desempenho das fachadas de tijolo com face à vista.

É também muito importante a continuidade dos processos de certificação e normalização e a criação de documentos de apoio ao projeto e à obra, de maneira a garantir a qualidade das alvenarias. A pré-fabricação, em conjunto com a robótica, pode ser um caminho a seguir de modo a combater os problemas de falta de qualificação da mão-de-obra. O desempenho a nível mecânico das alvenarias, principalmente em casos de sismos, é alvo de estudos em vários países. Este desempenho pode ser melhorado através de fixações mecânicas ou a ausência de preenchimento de juntas verticais, ou seja, soluções mais automatizadas e menos dependentes da execução humana.

Por último, é também relevante estudar as técnicas de aplicação de tijolo com face à vista noutros países, de modo a aproximar Portugal da realidade que se verifica na Europa no âmbito daquele tipo de construção. Para isto, deve-se redirecionar o setor da produção, pois em Portugal a variedade da oferta é muito reduzida comparativamente a outros países. Internacionalmente, o mercado de tijolo com face à vista oferece uma grande variedade de formatos e acabamentos das suas faces, sendo mais versáteis, pois oferecem um leque mais vasto de aplicações. O mesmo se passa ao nível dos acessórios, sendo a maioria destes obtidos por importação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Freitas, V., et al., 3.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios-PATORREB 2009. 2009.
- [2] Córias e Silva, Vítor. *Guia prático para a conservação de imóveis: Manual para a utilização durável e económica da habitação, através de uma adequada manutenção*. Dom Quixote, Lisboa, 2004.
- [3] Rodrigues, Rui Manuel Gonçalves Calejo. *Manutenção de edifícios: análise e exploração de um banco de dados sobre um parque habitacional*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 1989.
- [4] Paiva, J. Vasconcelos. *Medidas de reabilitação energética em edifícios*. Lisboa, 2002.
- [5] Aguiar, J., Cabrita, A. M., Appleton, J. *Guião de apoio á reabilitação de edifícios habitacionais*. LNEC, Lisboa, 1993, Anexo I.
- [6] Sousa, Hipólito de. *O Desafio da reabilitação de edifícios antigos em centros urbanos*. FEUP.
- [7] INE, *Estatísticas das obras concluídas*.
- [8] INE, *Censos 2011*.
- [9] Paiva, J., Aguiar, J., Pinho, A. *Guia técnico de Reabilitação Habitacional - Volume 1*. LNEC, Lisboa, 2006.
- [10] EUROCONSTRUCT, 74th Conference
- [11] Rodrigues, D. *A evolução do parque habitacional português: Reflexões para o futuro*. INE, Lisboa.
- [12] Rui Belo (2001), IPT, *Plano de Inspeção e Ensaio - Revestimentos de Fachadas em Alvenaria de Tijolo Face-à-vista - Qualidade na Construção*.
- [13] CAMPBELL, James W.P.; PRYCE, Will – *História Universal do Tijolo. Caleidoscópio*. Lisboa: Caleidoscópio, 2005, 320 p.
- [14] SIMÕES, Abel – *O tijolo, velho e sempre novo material de construção*. Lisboa: LNEC, 1966, 24 p.
- [15] www.google.pt (20/04/2017), (21/04/2017) e (26/04/2017).
- [16] APPLETON, J. - *Reabilitação de edifícios antigos, patologias e tecnologias de intervenção*. Portugal: Edições ORION, 2003.
- [17] SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006, 214 p.
- [18] Mesquita, Daniel Filipe da Silva. *Viabilidade técnico-económica do tijolo face à vista em fachadas de edifícios em Portugal*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, 2007.
- [19] JÄGER, Wolfram; SCHÖPS, Peter - *Enclosure masonry wall systems worldwide in Germany*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 5, pp. 66-84.
- [20] DELMOTTE, P.; MERLET, J. D. - *Enclosure masonry wall systems worldwide in France*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 4, p. 48-65.

- [21] CAPOZUCCA, Roberto - *Enclosure masonry wall systems worldwide in Italy*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 8, pp. 129-146.
- [22] MARTENS, Dirk - *Enclosure Masonry Wall Systems Worldwide in Belgium and the Netherlands*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 1, pp. 1-14.
- [23] GU, Xianglin; LI, Xiang; PENG, Bin - *Enclosure masonry wall systems worldwide in China*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 3, pp. 31-47.
- [24] FATIH, Tutunlu - *Utilization of fly ash in manufacturing of building bricks*. In 2001 international ash utilization symposium. Kentucky: Center for applied energy research, University of Kentucky, 2001, Paper #13, 6 p. (disponível em <http://www.flyash.info/> a 30/06/07).
- [25] ROMAN, Humberto R.; SILVA, Denise A. da - *Enclosure masonry wall systems worldwide in Brasil*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 2, pp. 15-30.
- [26] ROY, B. C. - *Enclosure masonry wall systems worldwide in India*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 7, pp. 101-128.
- [27] CARVALHO, Fernanda; SOUSA, Hipólito de - *Enclosure masonry wall systems worldwide in Portugal*. In SANTOS, S. Pompeu - *Enclosure masonry wall systems worldwide*. Reino Unido: Taylor & Francis, Dezembro de 2006. Cap. 11, pp. 179-196.
- [28] <http://www.valegandara.com/> (múltiplas consultas ao longo do trabalho).
- [29] PIERS, Giovanni - *The problem of building a brick house in Europe*. ZI: Ziegelindustrie International, brick and tile industry international. Volume 46, n.º 7-8, 1993. p. 452-455.
- [30] NP EN 1996-1-1:2005+A1:2012 – Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria – Parte 1-1: *Regras gerais para estruturas de alvenaria armada e não armada*. IPQ, Lisboa, 2005.
- [31] NP EN 1996-1-2:2005 – Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria – Parte 1-2: *Regras gerais – Verificação da resistência ao fogo*. IPQ, Lisboa, 2005.
- [32] EN 1996-2:2006 – Eurocódigo 6 – Conceção de estruturas de alvenaria – Parte 2: *Conceção, seleção de materiais e execução de obras de alvenaria*. IPQ, Lisboa, 2006.
- [33] EN 1996-3:2006 – Eurocódigo 6 – Conceção de estruturas de alvenaria – Parte 3: *Métodos de cálculo simplificados para estruturas de alvenaria não reforçadas*. IPQ, Lisboa, 2006.
- [34] NP EN 771-1:2011+A1:2016 - Especificações para unidades de alvenaria. Parte 1: *Unidades cerâmicas (Tijolos cerâmicos)*. IPQ, Lisboa, 2011.
- [35] NP EN 771-2:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 2: *Unidades sílico-calcárias (blocos sílico-calcários)*. IPQ, Lisboa, 2011.
- [36] NP EN 771-3:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 3: *Unidades de betão de agregados (blocos de betão de agregados correntes e leves)*. IPQ, Lisboa, 2011.
- [37] NP EN 771-4:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 4: *Unidades de betão celular autoclavado (blocos de betão autoclavado)*. IPQ, Lisboa, 2011.

- [38] NP EN 771-5:2011+A1:2016 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 5: *Unidades de pedra reconstituída*. IPQ, Lisboa, 2011.
- [39] NP EN 771-6:2012 – Especificações para unidades de alvenaria. Parte 6: *Unidades de pedra natural*. IPQ, Lisboa, 2012.
- [40] LOURENÇO, P.B., *Alvenaria: Passado e presente, Construção Magazine*, n.º 12, 2005, pp. 34-35.
- [41] CATÁLOGO cerâmica Vale da Gândara, 2016.
- [42] DIAS, António Manuel Baio; FERREIRA, Marta Luísa – *Guia para implementação de um sistema de controlo da produção para a marcação CE de tijolo cerâmico, telha cerâmica e acessórios*. Coimbra: Apicer, Fevereiro de 2007, 71 p.
- [43] MANUAL técnico, tijolo de face à vista, paver cerâmico, plaqueta, tijolo maciço. Mortágua: Cerâmica Vale da Gândara, 2012, pp. 1-106.
- [44] SILVA, J. Mendes et al - *Manual de Alvenaria de Tijolo*. Coimbra: APICER, Setembro 2000, 207 p.
- [45] BRITO, Jorge de; CORREIA, João Ribeiro – *Paredes de alvenaria de tijolo de barro vermelho*. Instituto Superior Técnico, Mestrado em Construção, cadeira de Tecnologia de Contencções e Fundações, Janeiro de 2003, 67 p.
- [46] HISPALYT - *Manual [de] ejecución de fachadas con ladrillo cara vista Madrid*: Hispalyt, 1998.
- [47] POWELL, Chris et al - *The BDA guide to successful brickwork*. 3ª ed. Inglaterra: Butterworth-Heinemann Ltd, 2005, 242 p.
- [48] BRAMBILLA, Giorgio Federico - *Il Manuale del mattone faccia a vista*. Roma: Edizioni Later service, 2001, 430 p.
- [49] CAMARNEIRO, Luís - *A importância da pormenorização no comportamento das alvenarias*. In LOURENÇO, Paulo; SOUSA, Hipólito - *Paredes de alvenaria, situação actual e novas tecnologias, Livro de Actas*, Porto, Portugal, Fundação Dr. A. Cupertino de Miranda, 2002 pp. 169-186.
- [50] KLAAS, Helmut - *The problem of bulging a brick house in Europe*. ZI: Ziegelindustrie International, brick and tile industry international. Volume 46, n.º 7-8, 1993, pp. 111-122.
- [51] Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril - *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*, Lisboa, 2006.
- [52] CORVACHO, Maria Helena – *Catálogo de pontes térmicas. Nota de informação técnica – NIT 003*. LFC, FEUP, Porto, 1999, 247 p.
- [53] PAIVA, J. Vasconcelos; SANTOS, C. Pina - *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. ITE 28, LNEC, Lisboa, 1990, 170 p.
- [54] Pedro, Edmundo Goncalves; Maia, Luiz E. F. Correa; Rocha, Marcelle de Oliveira; Chaves, Vieira Mauricio. *Patologia em revestimento cerâmico de fachada – síntese de monografia*. Trabalho monográfico apresentado ao Curso de Pós-graduação do CECON, como requisito a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias, Belo Horizonte, 2002
- [55] PEREIRA, Manuel F. Paulo – *Anomalias em Paredes de Alvenaria sem Função Estrutural*. GUIMARÃES. UM. 2005.
- [56] SOUSA, Hipólito – *Alvenarias em Portugal. Situação Atual e Perspetivas Futuras. Seminário sobre paredes de alvenaria*. PORTO. 2002.

- [57] SILVA, Armando Filipe – *Manifestações Patológicas em Fachadas com Revestimento Argamassados*. Dissertação do Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. FLORIANÓPOLIS. 2007.
- [58] CAMÕES, Aires – *Apontamentos da Disciplina de Patologia dos Materiais*. Mestrado de Engenharia Civil. GUIMARAES. UM 2007
- [59] Silvestre, J. Dinis. *Sistema de Apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes*. Dissertação do Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Setembro de 2005.
- [60] Gonçalves, Adelaide. *Reabilitação de Paredes de Alvenaria*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2007.
- [61] Silva, J. Mendes., Abrantes, V. – “*Patologias em paredes de alvenaria: causas e soluções*”, Seminário Paredes de Alvenaria: Inovação e possibilidades atuais, Lourenço et al. (eds.), pp. 65-84, 2007.
- [62] Carvalho, Duarte Sande Faria de. *PREVENÇÃO DE ANOMALIAS EM ALVENARIA DE TIJOLO FACE À VISTA*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, 2014-15.
- [63] MALHOTRA, Ashok - *Brick veneer concrete masonry unit backing. Best Practice guide: building technology*. CMHC, Canada Mortgage and Housing Corporation, 2001.
- [64] SILVA, J. Mendes et al - *Manual de Alvenaria de Tijolo*. APICER, Coimbra, 2000.
- [65] Paiva, J. V. et al. - “*Patologia da Construção*”. 1º ENCORE “*Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação*”, Documentos Introdutórios. Lisboa, LNEC, Junho 1985.
- [66] SANTOS, S. Pompeu – *O contexto normativo recente dos Eurocódigos sobre estruturas de alvenaria*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. P.B. Lourenço et al. (eds). Porto, 2007. pp. 1-20.
- [67] Santos Segurado, João Emílio dos. *Alvenaria, cantaria e betão*. Editora Paulo de Azevedo Lda. Rio de Janeiro, 1908.

